CEDECO ESTUDIOS PROFESIONALES

ELECTRICIDAD INDUSTRIAL

CURSO VIRTUAL

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

ELECTRICIDAD INDUSTRIAL

Módulo 1

Equipos e instalaciones de distribución y suministros de energía en Baja Tensión

Capítulo 1.- Introducción a la electricidad
Capítulo 2.- Planos y croquis
Capítulo 3.- Redes de distribución
Capítulo 4.- Materiales y equipos
Capítulo 5.- Dispositivos de medida
Capítulo 6.- Aparatos de medida
Capítulo 7.- Herramientas
Capítulo 8.- Reglamento electrotécnico de baja tensión
Capítulo 9.- Instalación de líneas: Cálculos

Prácticas de instalaciones básicas: Corrientes monofásicas

Capítulo 1

Introducción a la electricidad
Conceptos fundamentales

Índice

1. Introducción a la electricidad 1
    Producción de la Energía Eléctrica. Centrales eléctricas 1

2. El átomo 3
    Cargas eléctricas 4
    Electrización del átomo 5

3. Cuerpo conductor y aislado 5
4. Corriente eléctrica 6
    Símil hidráulico 6
    Instalación eléctrica 7

5. Voltaje 8
    El voltímetro 8

6. Cantidad de electricidad: Culombio 9
    Amperímetro 9

7. Resistencia eléctrica 11
8. Ley de Ohm 11
    Otras expresiones de la Ley de Ohm 12

9. Potencia y energia eléctrica 14
10. Potencia 15
11. Unidad eléctrica de potencia: Vatio 15
    Voltaje (en función de la potencia) 17
    Intensidad de corriente (en función de la potencia 18

12. Combinación de la Ley de Ohm con la fórmula de la potencia 18
13. Caballo de Vapor 19
    Ejemplo de cálculo 20

14. El Vatio hora 20
15. Consumo eléctrico 21
16. Resistencia de los conductores 24
17. Resistividad 24
18. Caída de tensión en la línea 25
19. Conductancia de un conductor 26
20. Ley de Joule 26
21. Resistencias en serie 28
22. Resistencias en paralelo 30
    Shunt 33

25. Montaje mixto 34
    Ejemplo de cálculo 35

Capítulo 1

Introducción a la electricidad
Conceptos fundamentales

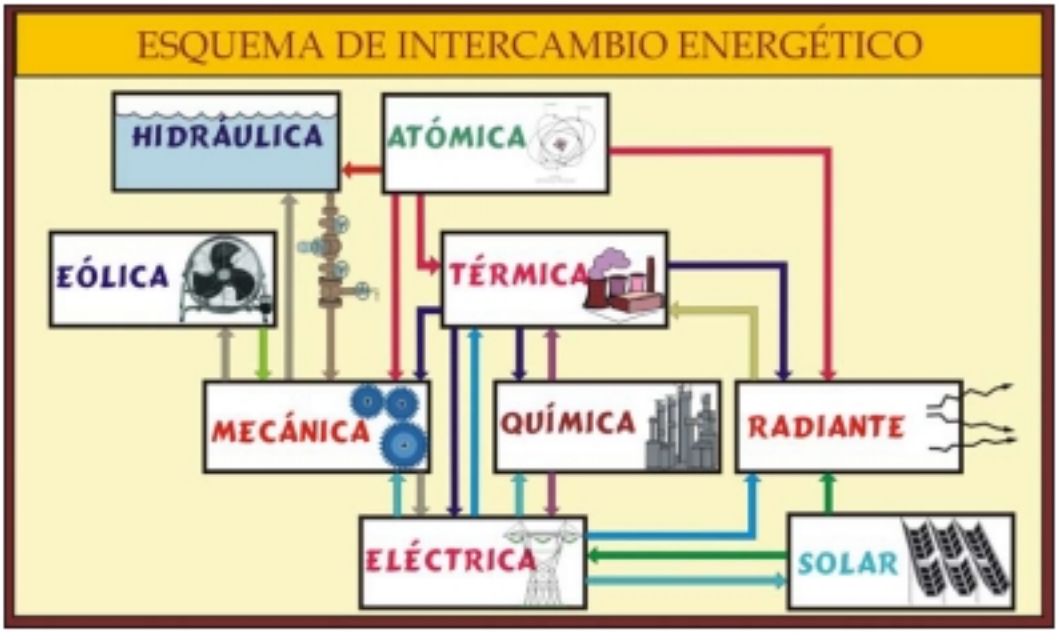
1. INTRODUCCIÓN

La electricidad es la forma de energía más utilizada por el hombre. Gracias a ella, se puede hacer que funcionen las lámparas eléctricas, las maquinarias, los electrodomésticos, las herramientas, los ordenadores, etc.

Pero, ¿qué es la electricidad?, ¿cómo se produce?, ¿cómo se transporta?, ¿De qué manera se controla?, ¿cómo de calcula?. A lo largo de este curso, se darán las respuestas adecuadas a estas y otras interrogantes relacionados con las aplicaciones eléctricas.

Producción de la Energía Eléctrica. Centrales eléctricas

La energía no se crea, está en la naturaleza y se puede transformar para sacar un rendimiento útil. El hombre ha evolucionado en bienestar conforme encontraba utilidades a la energía; pero el gran salto se consiguió al transformar las distintas clases de energías primarias en electricidad. Un ejemplo: Antes, para poder aprovechar la fuerza del agua de un río, se utilizaba la noria y hacer que se moviera la piedra del molino. Esta noria debía de estar necesariamente en la orilla del río. La electricidad permite cambiar la noria por un motor, y colocarlo a muchos kilómetros del río dende se genera la fuerza necesaria para moverlo.
Por tanto, el descubrimiento de poder transportar la energía a través de unos conductores, es lo que hace que la **"energía eléctrica"** sea la más interesante de todas las formas que aparecen en la naturaleza, unido esto a la posibilidad de almacenamiento en acumuladores adecuados, la hace que, además, sea una de las formas más económicas en transformala en otra clase de energía.



Las centrales eléctricas, son **"fábricas"** de producción de **Energía eléctrica**. Donde se **transforma** una **Energía primaria** en **Energía eléctrica**

Según el tipo de Energía Primaria a transformar, las Central eléctrica recibe diferente denominación:

	ENERGÍA PRIMARIA	TIPO DE CENTRAL ELÉCTRICA	
1	**Salto de agua**	**Central hidráulica**	
2	**Quema de Carbón, Petróleo, gas, etc.**	**Central térmica**	
3	**Reacción de fusión, Fusión de núcleo atómico**	**Central nuclear**	
4	Movimiento del mar	**Central mareomotriz**	
5	Calor recogido de la tierra	**Central geotérmica**	
6	**Calor procedente del Sol**	**Central solar**	
7	Luz procedente del sol	**Central fotovoltaica**	
8	**Producido por el viento**	**Central eólica**	

En la mayor parte de las Centrales eléctricas, el movimiento se logra con agua (fría, caliente o vapor), para hacer girar las paletas de la turbina. En una Central hidráulica, las paletas de la turbina giran cuando el agua fría pasa de una altura a otra inferior. Cuando la central es térmica o nuclear las paletas son impulsadas por agua caliente o el vapor de agua.

Nota: Se dice agua fría, por comparación, aunque su temperatura sea la ambiental

En el caso de las central Fotovoltaica, se consigue la transformación de la Luz procedente del Sol, en Energía Eléctrica, mediante elementos Semiconductores especiales. Esta energía, generalmente se acumula en baterías para poder ser utilizada cuando el Sol deje de incidir sobre las placas.

Los generadores eléctricos son "máquinas" que cuando se les proporciona un movimiento, estas lo transforman en Energía Eléctrica. Se basa en el "Efecto Faraday" que se resume así:

"Cuando se mueve un conductor metálico dentro de un campo magnético, sea un imán o un electroimán, se engendra en dicho conductor una corriente eléctrica y al contrario, si se mueve el imán, o el electroimán, y se fija el conductor, también se produce en el conductor dicha corriente".

Los generadores eléctricos (alternadores y dínamos) producen la corriente eléctrica haciendo girar las bobinas dentro de campos magnéticos creados a tal efecto. Cuando lo que se mueve es un imán y lo que permanece estático es la bobina también se genera corriente eléctrica (magnetos de las que se usan en las motocicletas).

En un principio, cuando los generadores eran de corriente continua (dínamos), existía el problema del transporte, por lo que, el generador debía de estar próximo al lugar de consumo. Con el uso de los alternadores, y los transformadores, ya no es necesaria esta proximidad al ser posible el transporte a grandes distancias, empleando la técnica adecuada.

La electricidad tiene muchísimas aplicaciones, se puede transformar cualquier clase de energía en corriente eléctrica; pero, durante siglos, nadie ha sabido encontrar la respuesta a una pregunta básica: ¿Qué es la electricidad?. Se sabía como crear corriente, como controlarla, calcular sus efectos, pero no se sabía que era. La respuesta requiere explicar primero como está constituida la materia.

2. EL ÁTOMO

Al tomar un "trocito" de metal y dividirlo miles y miles de veces, se llega o obtener una "molécula" de este pedacito de metal, que sigue conservando las mismas propiedades físicas del "trocito" original. Se define el átomo como la parte más pequeña de un elemento químico que puede entrar en combinación.

El átomo es como "Un sistema solar", en cuyo centro estaría el Núcleo Atómico (el Sol) y orbitando a su alrededor los electrones (los planetas). El Núcleo Atómico está formado por Protones (de carga positiva) y electrones (de carga Negativa, y de masa 1.136 veces menor).

Los Neutrones, que comparten núcleo con los Protones, poseen la misma masa que estos, pero sin carga eléctrica (ver figura 4).

Cuando el número de protones y electrones son iguales, se dice que el átomo tiene carga eléctrica nula. Si el número de protones, supera al de electrones el átomo tiene carga positiva, y por el contrario, si el número de protones es inferior al de electrones, el átomo está cargado negativamente. En la figura 1 está representado un átomo de cobre en estado neutro.

Por otro lado, un átomo con carga positiva o negativa, es susceptible de intercambiar electrones con otros átomos de su alrededor, con el fin de conseguir la estabilidad eléctrica, es decir, se iguala el número de protones y electrones, para conseguir la carga nula.

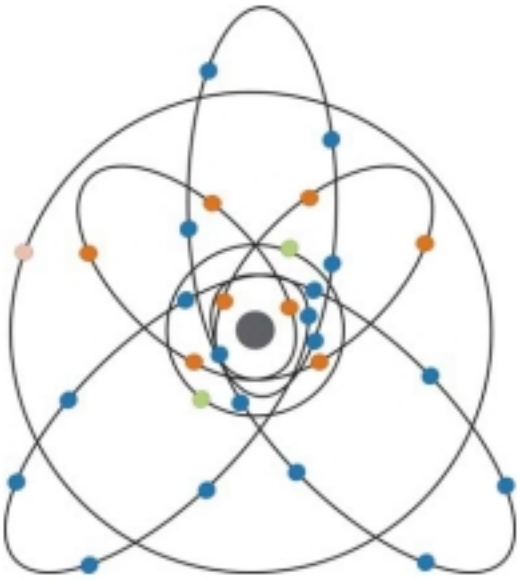


Figura 1. Átomo de cobre

Cargas eléctricas

Colocados una sustancia falta de electrones frente a otra, también falta de electrones, se observa que ambas se alejan rápidamente. Por otro lado, si se enfrentan dos sustancias sobrantes de electrones, también ocurriría lo mismo. Es decir: **dos cargas del mismo signo se repelen entre sí** (figura 2)

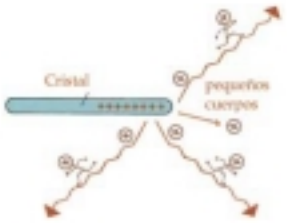


Figura 2 Cargas de igual signo se repelen

Un protón enfrentado a un electrón se atrae rápidamente, conclusión: **Cargas del mismo signo se repelen, y cargas de distintos signos se atraen.** (Figura 3).

Tanto el electrón, como el protón, tiene una propiedad especial desconocida, y que es intrínseca a la materia, a la que se denomina "**Carga eléctrica**" y que por su actuación, explicada anteriormente, la carga del Protón (+) es distinta del Electrón (-). Dada esta "propiedad especial e intrínseca de la materia". En cuanto al comportamiento se llama de diferente manera:

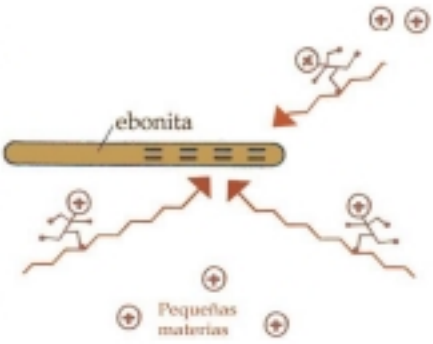


Figura 3 Cargas de distinto signo se atraen

Protón: Tiene una **Carga Eléctrica Positiva**.

Electrón: Posee una **Carga Eléctrica Negativa**.

En el Núcleo Atómico, al haber más de una Carga Positiva, estas se repelerían. Esto no ocurre debido a la fuerza de carácter Nuclear (partículas subatómicas [neutrinos]) que anulan el carácter repulsivo de las cargas positivas.

Electrización del átomo

Al frotar un material, este puede ganar o perder electrones. Se puede experimentar frotando un bolígrafo, con un paño, se observará que el bolígrafo puede atraer "trocitos de papel". Se dice entonces que tiene una carga de electricidad positiva respecto al papel. En realidad, un material tiene exceso de electrones y el otro está falto de ellos. El material **con exceso de electrones se comporta coma Carga Negativa**, y, por el contrario, el material **con defecto de electrones, tiene Carga Positiva.**

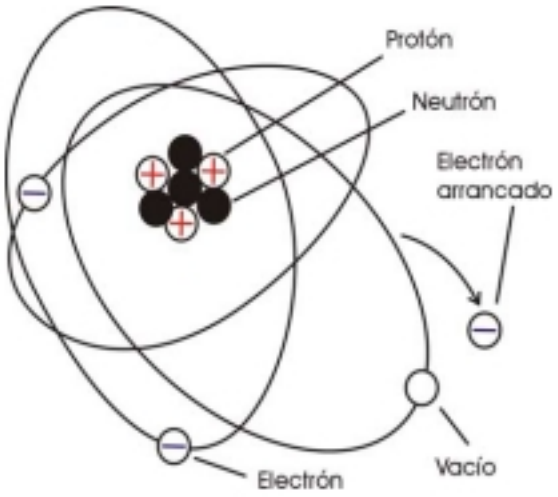
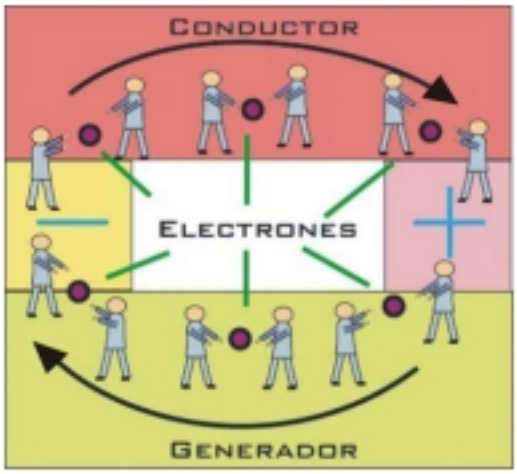


Figura 4. La carga positiva indica falta de electrones

Los **electrones** que se comparten en la materia son denominados de "las últimas órbitas atómicas", que al estar más alejados del propio núcleo atómico es más fácil de ser arrancado, y por tanto, de ser compartido. Volviendo la comparación con "el sistema solar" y a modo de ejemplo, es como si se pudiera compartir Plutón con otras estrellas.



Al frotar el bolígrafo con el paño, los **electrones** de la última órbita de los átomos de la misma, material son arrancados y pasan al paño. Como el bolígrafo ha pasado a tener un defecto de electrones, a adquirido carga positiva.

Los electrones no se ven, pero se notan sus efectos: **La electricidad**

La **electricidad** se puede definir como un movimiento de **electrones** (figura 5), que en su desplazamiento pueden originar fenómenos térmicos, luminosos, magnéticos y químicos.

Figura 5 La corriente eléctrica es un movimiento de electrones

3. CUERPO CONDUCTOR Y AISLADO

Cuando se desarrolla la electricidad en un cuerpo y los efectos sólo se manifiesta en el punto tratado, sin extenderse al resto, se dice que son **malos conductores**, ***aislante*** **o** ***dieléctricos*****.**

En cambio, si la electricidad desarrolla en el punto se esparce por toda la superficie, se les llaman cuerpos **buenos conductores** de la electricidad o simplemente **conductor**.

Un cuerpo conductor al ser electrizado conserva indefinidamente esta propiedad mientras no sea unido a tierra. Si por medio de sustancias aislantes se evita que esto suceda, se dice que el conductor está **aislado**.

El concepto **aislado**, dependerá siempre de la tensión de trabajo, **cuando la tensión de aislamiento se rebasa, el cuerpo deja de esta aislado**. El ejemplo se encuentra en la naturaleza, el aire se considera como un buen aislante, sin embargo cuando la electricidad estática de las nubes se acumula en grandes cantidades el rayo atraviesa el aire (figura 6), produciéndose el desprendimiento de electrones sobrantes y el equilibrio de las cargas. Aún no está claro si el rayo baja de las nubes a tierra, o sube de la tierra a las nubes, pues hay versiones en los dos sentidos, y una tercera teoría que sostiene que unas veces las nubes se cargan positivamente y otras negativamente, de ahí los rayos que en verano se observan entre nubes sin caer a tierra.

Figura 6 Caída del rayo

4. CORRIENTE ELÉCTRICA

Cuando la electricidad se mueve a lo largo de los conductores, se producen fenómenos extraños, cuyo estudio ha dado lugar a conclusiones o leyes, que razonan los resultados de los experimentos.

El conocimiento de estas leyes es de gran importancia para la aplicación de la electricidad al bienestar de la humanidad.

Para simplificar el estudio se ha dado en admitir que de las **dos clases de electricidad** existentes, **una sola es la que se mueve**, como lo haría un líquido o un gas por una tubería.

Para empezar con el estudio de la corriente eléctrica, es mejor comparar la electricidad (**circulación de electrones**) con el movimiento del agua que fluye por una cañería.

Símil hidráulico

Suponiendo una instalación como la de la figura 7 destinada a transportar el agua desde el punto **A** (Pozo) hasta otro punto, **R** (noria), entre los que existe una distancia cualquiera.

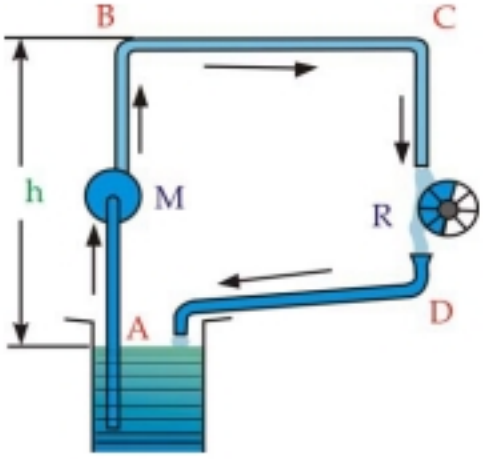


Figura 7 Símil hidráulico

En esta instalación, así dispuesta, se puede observar:
En primer lugar una máquina **M**, eleva el agua del nivel **A** al **B**, creando una diferencia de nivel **h**, que hará al agua recorrer la tubería en el sentido que indican las flechas. Al llegar a **C** cae bruscamente de **C** a **D**, pasando por el motor **R**; que se pone en movimiento, y puede desarrollar una **energía útil**. El agua que sale de **R** vuelve, siguiendo una pendiente suave al punto de origen **A**. Si el agua no volviese al punto inicial, el depósito se agotaría, y el movimiento del agua cesaría. Por tanto, mientras que exista una diferencia de nivel **h**, el motor **R** permanecerá en movimiento, cesando cuando deje de existir este desnivel.

Las magnitudes que caracterizan esta instalación son:

-Diferencia de nivel, medido en metros

-Cantidad de agua transportada, expresado en litros

-Gasto de agua transportada en un segundo, evaluado en litros por segundo

Instalación eléctrica

Un resultado similar se produce en un circuito eléctrico (figura 8), la similitud entre este circuito y la instalación hidráulica se basa en los siguientes elementos:

- ***Generador***, cuya misión es crear una diferencia de nivel eléctrico, que recibe el nombre de *diferencia de potencia* o *tensión*. (Se expresa respectivamente por las letras en minúscula **d.d.p.**, o la mayúscula **V**.)

- **El *receptor***, esto es, la máquina que *recibirá la energía transportada*, y que es capaz de *desarrollar un trabajo*.

-La unión entre el generador y el receptor se hace por medio de ***conductores*** semejantes a los conductos del agua, por donde pasará la *corriente eléctrica*, que transportará una *cantidad de electricidad* en la unidad de tiempo, que es el *segundo*.

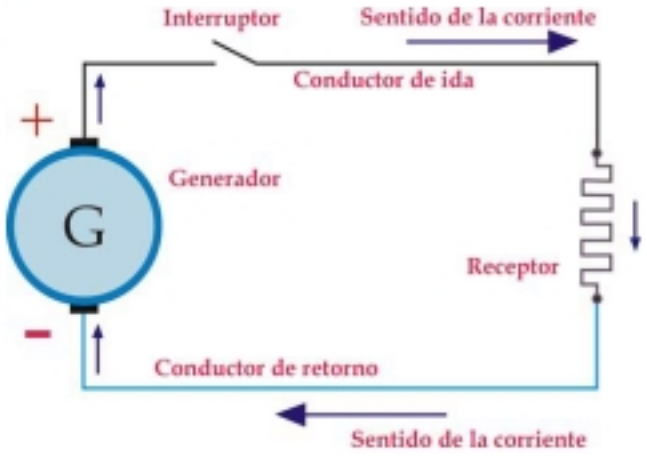


Figura 8 Circuito eléctrico

La energía eléctrica así puesta en movimiento *quedará evaluada* por la medición de *las siguientes magnitudes*:

-Diferencia de potencial o tensión, medido en *Voltios*.

-Cantidad de electricidad, evaluado en *Culombios*.

-Cantidad de electricidad transportada por segundo, expresada en *Amperios*.

5. VOLTAJE

Según se ha dicho, la diferencia de potencial existente entre los dos *polos* de un generador se mide en *voltios*, el aparato con que se efectúa la medición recibe el nombre de *voltímetro*.

Medir el voltaje es hallar la diferencia de potencial que existe entre dos puntos de una instalación eléctrica; en la figura 9 se mide la tensión que existe entre los bornes del receptor.

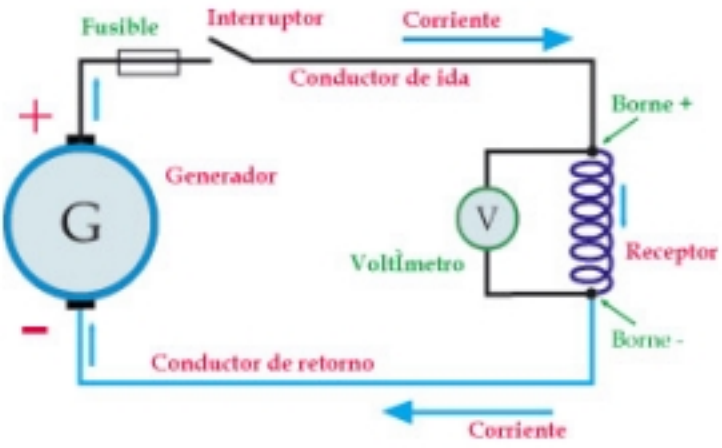


Figura 9 conexión del voltímetro

EL VOLTÍMETRO

Este aparato de medida (figura 10) tiene dos bornes, que se conectan a los dos puntos entre los cuales se quiere averiguar la diferencia de potencial que existe entre ellos

Figura 10 Voltímetro escala 100 a 500 V

Físicamente el aparato debe presentar una gran resistencia al paso de la corriente, o lo que es lo mismo. Una mínima parte de la corriente debe ser suficiente para que se mueva la aguja e indique cual es la tensión entre los dos puntos que se miden; por ello se construyen con hilo muy fino y de muchas vueltas.

El voltaje de una instalación eléctrica depende del que proporciona el generador y es un valor constante con poquísimas variaciones, y cuando las hay, son del grado de las unidades; es decir, en ningún caso van más allá de los seis o siete voltios de diferencia. Por ello los voltímetros no se colocan en todos los cuadros de distribución de electricidad, en muchos se sustituye simplemente por luces pilotos. Cuando se instalan Voltímetros en los cuadros principales de distribución se hace con interruptor para tenerlos desconectados casi siempre y sólo en el momento de ver el voltaje se conectan.

Cuando la red es trifásica los voltímetros se instalan, con conmutador (figura 11) para ver con un solo aparato la tensión entre las tres fases, conmutando dos a dos estas y una cuarta posición de desconectado.

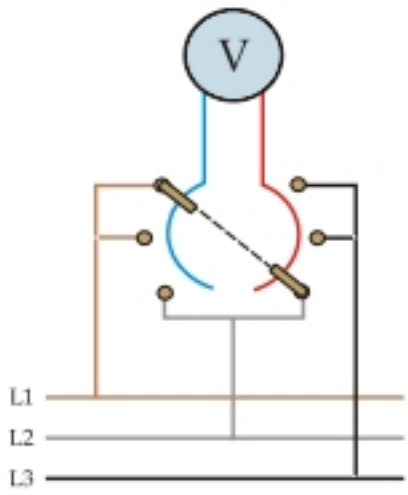


Figura 11 conmutador de voltímetro

Físicamente el amperímetro no ha de producir ninguna caída de tensión en la línea, por lo que el hilo con que se construye su bobina es bastante más grueso que la propia línea, y, además, la bobina que hace mover la aguja tiene el mínimo de vueltas.

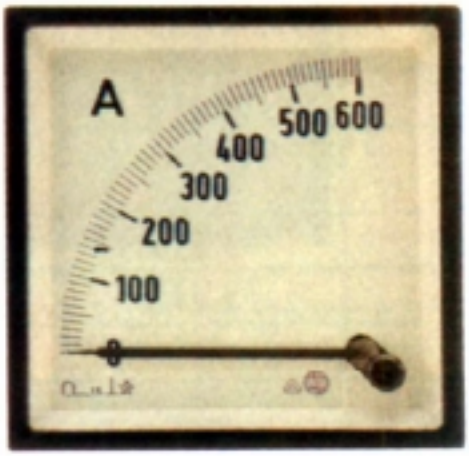


Figura 13 Amperímetro de 0 a 600 A

Cuando los amperímetros se dedican a medir grandes cantidades de corriente, la conexión no se hace directa, sino que se utilizan transformadores de intensidad que reducen a 100 a 5 Amperios la corriente que pasa por aparato de medida (figura 14). Los amperímetros, casi siempre se colocan tres (uno por cada fase), y están siempre conectados, marcando constantemente la corriente que se consume; a veces, cuando las cargas por fase, son equilibradas, se coloca un solo amperímetro y tres transformadores de intensidad, con un conmutador de amperímetro (figura 15) para cambiar de un transformador a otro.

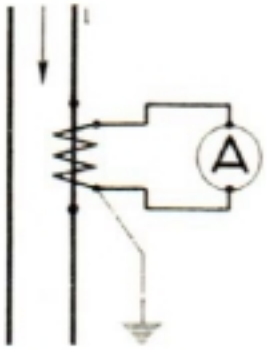


Figura 14 Conexión de amperímetro por transformador de intensidad

Figura 15 Amperímetro de lectura directa con conmutador de fases incorporado

En la figura 16 se aprecia la diferencia de colocación entre un voltímetro y un amperímetro, si se colocasen, por error, de forma diferente los aparatos se quemarían en pocos segundos.

El amperímetro se dice que está conectado **en serie**, y el **voltímetro**, **en paralelo**.

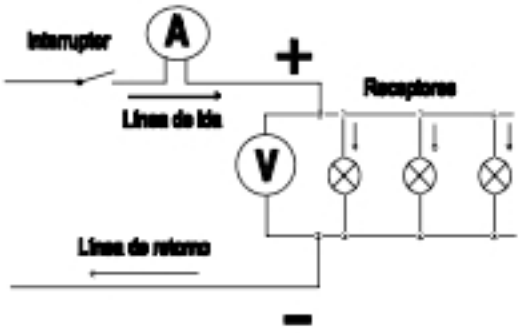


Figura 16 Conexión de amperímetro y voltímetro

7. RESISTENCIA ELÉCTRICA

Experimentalmente se comprueba que si entre los extremos de un conductor (figura 17) se aplican distintas diferencias de potencial, V_1, V_2, V_3, el conductor consume distintas cantidades de electricidad I_1, I_2, I_3, de tal forma que la relación entre voltaje e intensidad siempre es una cantidad constante, que se llama **resistencia** eléctrica del conductor.

$$\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = \frac{V_3}{I_3}$$

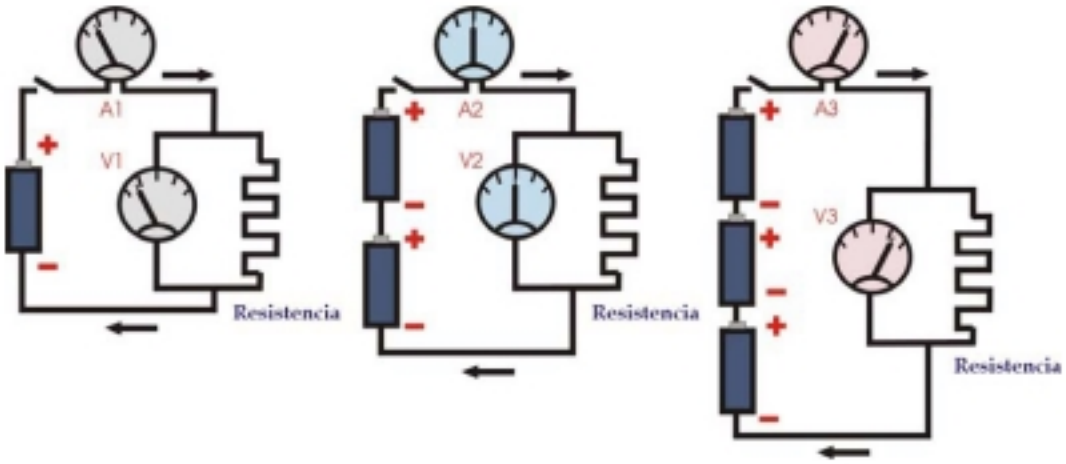


Figura 17 a mayor voltaje mayor consumo

8. LEY DE OHM

La expresión:

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Recibe el nombre de **Ley de Ohm**.

La **V**, representa la tensión en Voltios, **I**, es la intensidad en Amperios, y **R**, la resistencia, que se expresa con la letra griega omega mayúscula: Ω.

La **Ley de Ohm** dice: *La relación que existe entre el **voltaje** que se aplica a un conductor y la **intensidad** de corriente que este consume, es una cantidad constante; que se llama la **resistencia** que se opone al paso de esa corriente.*

Que la resistencia se exprese en Ohmios es para hacer un honor al físico alemán Jorge Simón Ohm, descubridor de esta ley, básica de la electricidad.

Se emplea un múltiplo y un submúltiplo de esta unidad:

El ***megohmio***, MΩ, que vale un millón de ohmios, y **se utiliza para medir la resistencia del aislamiento de los conductores.**

$$1 \text{ megohmio} = 10^6 \text{ ohmios}$$

El ***microhmio***, γ Ω, que vale una millonésima de ohmio, que **se utiliza para medir la longitud de los conductores de grandes secciones.**

$$1 microhmio = \frac{1}{10^6} = ohmios$$

OTRAS EXPRESIONES DE LA LEY DE OHM

- La **fórmula 1** se puede expresar de otro modo, con tan sólo alterar sus términos así

$$V = R \cdot I \quad (2)$$

no es más que el resultado de cambiar los términos de la **Ley de Ohm**.

A esta expresión se le suele llamar ***Caída de tensión***, ya que la corriente que pasa por un conductor multiplicado por la resistencia del conductor da un voltaje igual al que se pierde en el conductor, de tal manera (figura 18) que la diferencia de potencial entre el principio de una línea **U** y **V** al final de ella, es debido, sin duda, a la pérdida habida en el conductor.

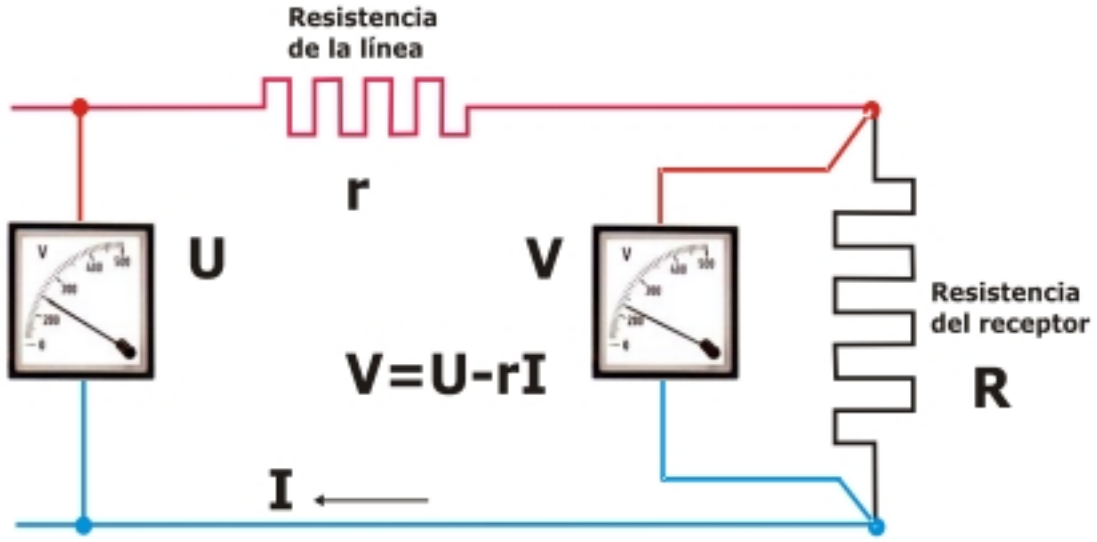


Figura 18 La diferencia de voltaje entre principio y final de la línea recibe el nombre de caída de tensión

También se puede cambiar los términos de la **Ley de Ohm** de forma que exprese la ***Intensidad de corriente***

$$I = \frac{V}{R}$$

(3)

Fórmula que se aplica para calcular, a priori, el consumo que va a tener, -en amperios-, una resistencia de valor conocido, conectada a una tensión de trabajo determinado.

Memorizar las tres fórmulas es de mucha importancia, puesto que hacer uso de ella es lo habitual en la persona que se dedique como profesional a las aplicaciones de la electricidad; pero, memorizar las tres fórmulas a la vez es muy difícil. Lo mejor es recordar sólo una; Y cuando sea necesario, deducir las otras dos.

Parece ser que la más fácil de retener en la memoria es...

$$V = R.I$$

Con estas tres letras se puede formar una frase como por ejemplo:

Viva la **R**eina **I**sabel

También habrá quien prefiera recordarlo de forma gráfica, por ejemplo: Un triángulo equilátero con las letras **V R I**, la parte superior es donde está el **V**értice, es decir **V** de voltio siempre irá arriba cuando se trate de dividir (fórmula 1 y 3)

$$I = \frac{V}{R} \qquad \frac{V}{I} = R$$

En el caso que se busque **V = I . R**

9. POTENCIA Y ENERGÍA ELÉCTRICA

TRABAJO al efecto que produce una **fuerza** aplicada a un objeto **cuando este se mueve**. Por el contrario si no existe desplazamiento de la **fuerza**, no se realiza ningún **trabajo**. Es fácil ver que si una columna sostiene el peso de un edificio, dicha columna está ejerciendo una gran **fuerza**, pero; por el contrario, no realiza ningún **trabajo**, puesto que el edificio no se mueve. Un camión que baja por una pendiente, con el motor parado, **ayudado solo con la fuerza de la gravedad**, realiza un **trabajo**, aunque no consuma combustible, se está desplazando la carga de un lugar a otro, luego se efectúa un **trabajo**. Realmente, quién realiza el **trabajo** es el **Campo Gravitatorio Terrestre**, transformándose la **Energía Potencial** en **Cinética**. Lo importante para que se realice un trabajo es que exista un **desplazamiento de la fuerza** de un lugar a otro. (Figura 19)

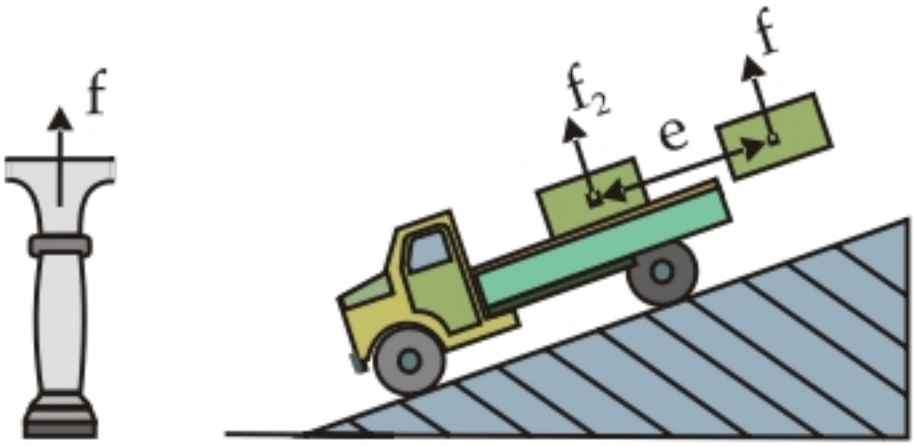


Figura 19 Diferencia entre fuerza y trabajo

*El **trabajo** es directamente proporcional a la **fuerza** por el **espacio** recorrido*

.

$$T = f \cdot e$$

(4)

*El **Trabajo** que desarrolla una máquina en **kilográmetros** es igual a la **fuerza** aplicada **en kilos** por el **espacio** recorrido **en metros**.*

En electricidad el concepto de **trabajo** presenta algo de dificultad para entender, ya que, no se ve tan fácilmente el movimiento de los electrones a través de los componentes de un circuito.

Para que sea más comprensible es necesario observar **los efectos que produce**:

Si se aplica una tensión a un motor eléctrico la polea del motor girará sobre su eje. Este movimiento se transmite a la máquina y entonces si que sé apreciar el **trabajo** que realiza.

El paso de la corriente a través de los aparatos de medida produce unos efectos magnéticos que hacer mover la aguja y con ello se detecta que se produce un **trabajo**, puesto que la **energía** se mueve desplazando la **fuerza**.

El movimiento de la electricidad, da origen a fenómenos eléctricos, de diversas propiedades, este movimiento de la electricidad se puede valorar directamente en unidades eléctricas con los aparatos de medida.

10. POTENCIA

Medir el **trabajo** que realiza una máquina es poco significativo, mucho más interesante es averiguar la **potencia** que desarrolla. La **potencia** de una máquina es el **trabajo que efectúa esta máquina en la unidad de tiempo.**

Se denomina **potencia** a la capacidad de producir trabajo, y se mide por el trabajo que se realiza por segundo. Cuanto menos tiempo precise una máquina para realizar un trabajo, más **potencia** desarrolla.

En el concepto de **trabajo**, no se menciona para nada **el tiempo en que se lleva a cabo** un desplazamiento, sin embargo, en el de **Potencia** es esencial.

La **Potencia** se calcula por la fórmula

$$P = \frac{f \cdot e}{t}$$

(5)

*La **potencia** desarrollada por una máquina en kilográmetros por segundos es igual a la **fuerza** aplicada **en kilos** por el **espacio** recorrido en **metros** dividido todo ello por el **tiempo** en **segundos** empleado en realizarlo.*

11. UNIDAD ELÉCTRICA DE POTENCIA: VATIO

La unidad de potencia empleada en el sistema CGS (Cesagesimal), es el ***julio por segundo***, *que es lo mismo que decir **vatio por segundo***, de símbolo **W**.

Potencia en vatios

Es igual al producto del **voltaje**, en voltios, por la **intensidad** en amperios.

$$P = V \cdot I = W \quad \text{(vatios)}$$

(6)

NOTA

Esta fórmula, lo mismo se expresa: **P = V . I** que **W = V . I**,

Puesto que la potencia se expresa en vatios, y contrariamente, los vatios expresan la potencia consumida.

El amperímetro, (figura 20) para medir amperios, y el voltímetro (figura 22) para medir voltios, son los medios de que se pueden utilizar para medir el trabajo producido por la corriente eléctrica.

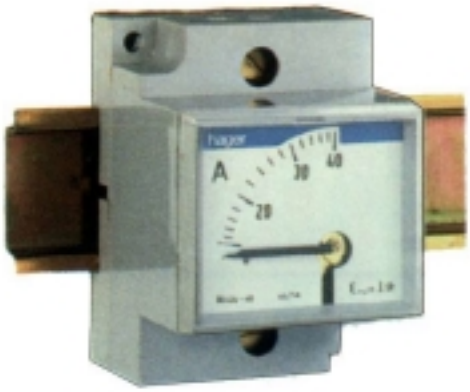


Figura 20 Amperímetro

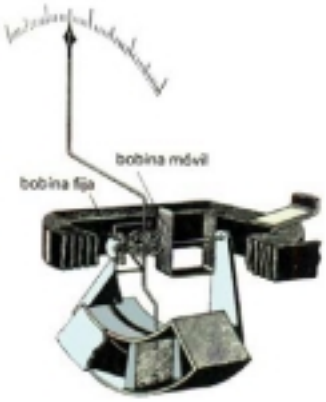


Figura 21 Interior de aparato analógico

Figura 22 Voltímetro

Multiplicando la lectura de ambos aparatos se halla la **potencia** consumida por un receptor.

$$W = V \cdot I$$

También es posible hallar el valor de la **potencia**, directamente, sin tener que hacer ninguna operación matemática. Conectando un **vatímetro**.

En la figura 23 se muestran las conexiones de estos tres aparatos para medir la potencia consumida por un receptor, en este caso, un motor monofásico.

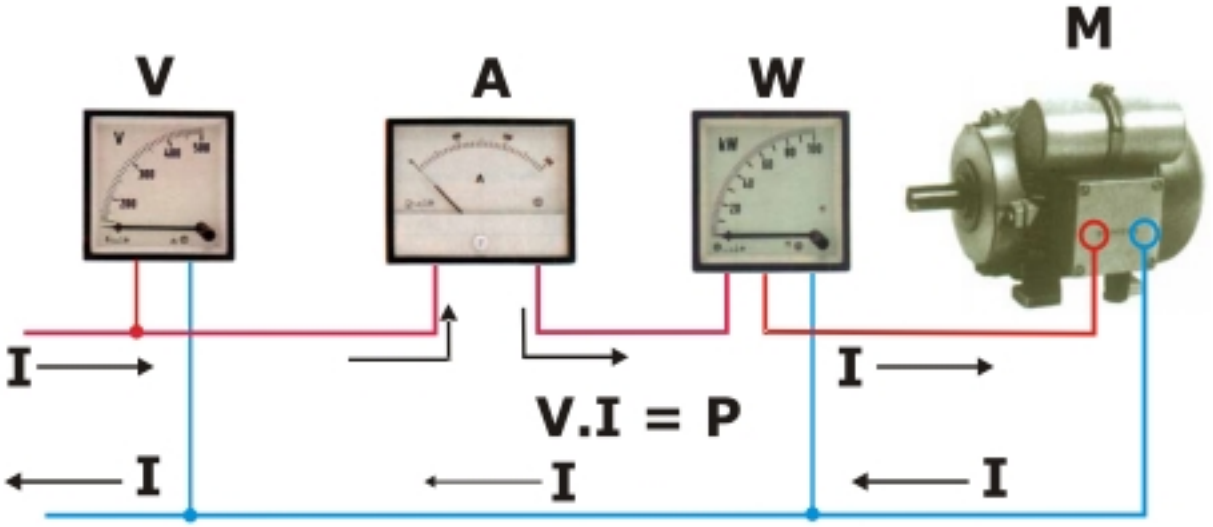


Figura 23 Conexionado de voltímetro, amperímetro y vatímetro

El **vatímetro** (figura 24) consta de dos bobinas, una amperimétrica y la otra voltimétrica, de características similares a la del Amperímetro y voltímetro respectivamente, y se representan perpendiculares la una a la otra (figura 25). Al conectarla se ha de tener un cuidado muy especial para no confundir la bobina que ha de ir en **serie**, con la que tiene que conectarse en **paralelo**; puesto que, no sólo puede deteriorarse el aparato, sino que además, se puede ocasionar un cortocircuito en la red.

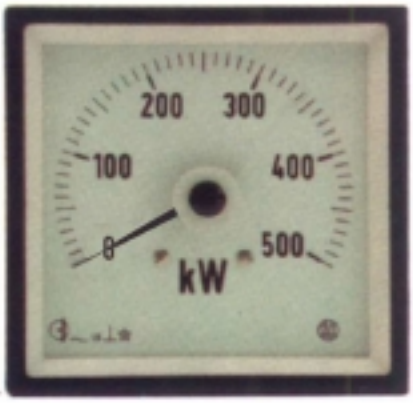


Figura 24 Vatímetro de 0 a 500 KW

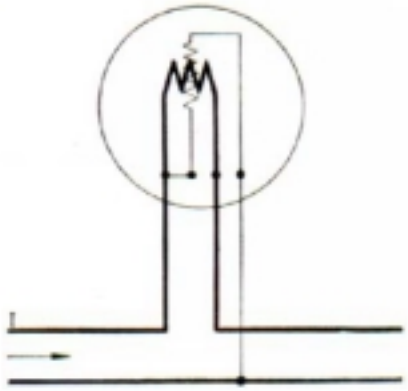


Figura 25 Esquema de vatímetro

El **Vatio** tiene un múltiplo llamado **Kilovatio**, que vale mil vatios, y se escribe **KW o Kw**.

1 KW = 1.000 W

Cuando se trata de coriente alterna, también se lee la potencia, en **kilo-voltio-amperios**, se escribe **K V A** que se lee **ca-ve-as**.

Voltaje (en función de la potencia)

De la **fórmula 6** se deduce que:

$$V = \frac{W}{I} \qquad (7)$$

*El **voltaje** es igual a la **potencia** consumida en vatios, **dividido** por **la intensidad** de corriente en amperios.*

Intensidad de corriente (en función de la potencia)

De la misma fórmula 6 también se puede deducir la intensidad de corriente en función de la potencia y el voltaje.

$$I = \frac{W}{V}$$

(8)

*Fórmula que dice: La **intensidad de corriente**, en amperios, **es igual, al cociente** que resulta de dividir los **vatios**, entre los **voltios**.*

12. COMBINACIÓN DE LA LEY DE OHM CON LA FORMULA DE LA POTENCIA

Sustituyendo en la ***Ley de Ohm*** el valor del **voltaje** por el valor que tiene en la *Ley de la Potencia* se obtiene una serie de nuevas fórmulas muy empleadas en el cálculo, de todas ellas, convienen memorizar, sobre todo dos; que se recuerdan mejor por estar puestas en forma de producto.

$$\mathbf{V = R\,I} \text{ y } \mathbf{W = V\,I}$$

De la combinación de estas dos fórmulas se obtiene todas las del cuadro adjunto:

Ohmios	Voltios	Amperios	Vatios
(1) $R = \frac{V}{I}$	(2) $V = R.I$	(3) $I = \frac{V}{R}$	(6) $W = V.I$
(9) $R = \frac{V^2}{W}$	(7) $V = \frac{W}{I}$	(8) $I = \frac{W}{V}$	(10) $W = R.I^2$
(11) $R = \frac{W}{I^2}$	(12) $V = \sqrt{W.R}$	(13) $I = \sqrt{\frac{W}{R}}$	(14) $W = \frac{V^2}{R}$

Durante este curso, y después de acabado el curso, tendrá que consultar esta tabla en la que se encuentran la mayoría de las fórmulas que tendrá que utilizar para hacer cálculos básicos de electricidad.

13. CABALLO DE VAPOR

La potencia que desarrolla una máquina en un segundo se mide en **caballos de vapor** (**CV**). La relación que existe entre un caballo de vapor y el vatio es la misma que en mecánica:

$$1 \text{ CV.} = 75 \text{ Kg cm} = 75 \times 9'81 \text{ w} = 736 \text{ W.}$$

1 CV. = 736 W

1 caballo de vapor = 736 vatios

(15)

Inversamente se puede asegurar que:

$$1W = \frac{1}{736} CV$$

$$1 \; vatio = \frac{1}{736} \; caballos \; de \; vapor$$

(16)

La potencia que desarrolla un motor se puede expresar indiferentemente en **CV.**, O en **KW**.

Nota de interés

Conociendo los vatios se puede saber la potencia en caballos de vapor **sin tener que averiguar el voltaje** de la red.

La traducción de vatios a caballos de vapor **no depende del número de fases que tenga el motor**, **ni de que la corriente sea continua o alterna**

Decir que un motor eléctrico tiene **5 C.V.** de potencia es lo mismo que decir que consume **3'68 KW** puesto que:

$$5 \times 736 = 3.680 \text{ W} = 3'68 \text{ KW}$$

En motores fabricados fuera de España se encuentra escrito en inglés las iniciales **HP** que corresponden a nuestras CV.

Hoy día la potencia de un motor, ya no se expresa en CV. **Todo viene expresado en Kw**, incluso los motores no eléctricos, pero existe una gran cantidad de motores antiguos, y que están aún en servicio, en que la potencia solo viene expresada en Caballos de Vapor

Ejemplo de calculo

El problema más común es el de averiguar que cantidad de **corriente** consume un motor de determinados caballos.

Por ejemplo: **Se desea conocer la intensidad** de corriente que consume un motor de corriente continua que tiene una fuerza de **3´5 CV.**; en este caso es necesario saber a qué voltaje está conectado: suponiendo que sea **220 voltios.**

Primeramente se averigua cuantos vatios son 3'5 caballos de vapor

W= 736 x CV. = 736 x 3´5 = **2.576´0 W**

y después la intensidad de corriente al voltaje de funcionamiento del motor.

$$I = \frac{2.576}{220} = 11,708 A$$

Este dato es imprescindible para saber:

El fusible que ha de llevar.
El tamaño del interruptor
La sección del conductor

14. El VATIO HORA.

Cuando se pretende medir la cantidad de energía consumida durante un largo período de tiempo, el segundo resulta una unidad demasiado pequeña, por ello se ha creado el **vatio hora**, que es el consumo en **vatios** tomando por unidad de tiempo **la hora**.

Pero aún es pequeña para medir lo consumido en un mes, por lo que con estas dos unidades también existe el **Kilovatio-hora**

Las cuatro expresiones de la potencia expresada en vatios tienen las abreviaturas siguientes:

W = Vatio
Kw = Kilovatio
W-h = vatio hora
Kw-h = Kilovatio-hora

El consumo en kilovatios-hora se mide con el auxilio de los *Contadores de energía*, la figura 27 muestra el esquema de montaje interior de un contador monofásico como el de la figura 26.

Figura 26 Contador monofásico

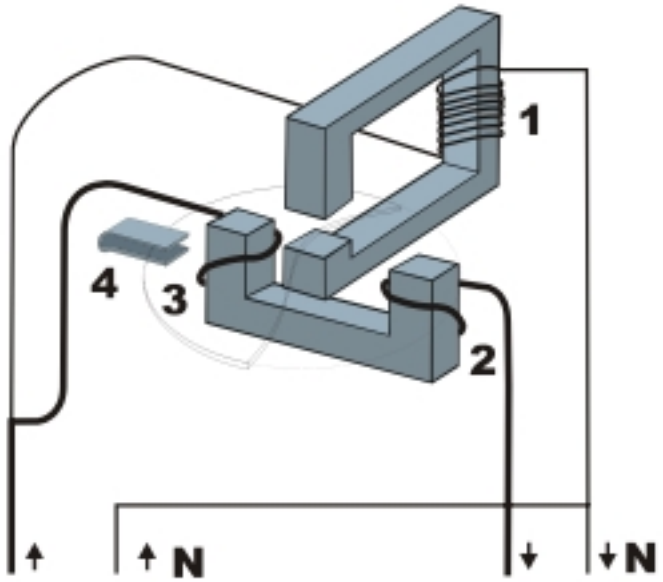


Figura 27 Interior del contador

1. - Bobina y núcleo de tensión
2. - Bobina y núcleo de intensidad
3. - Inducido (disco de aluminio)
4. - Imán de freno

15. CONSUMO ELÉCTRICO

La energía consumida en una vivienda no siempre es la misma. A lo largo del día, los receptores se conectan y desconectan según las necesidades de los abonados. Esto mismo ocurre en todas las viviendas de una ciudad. Si a los consumos de las viviendas, se añaden los consumos del alumbrado público, y se incrementa con el de todas las industrias y establecimientos de uso público y privado, se obtiene el consumo de toda la ciudad.

Analizando detalladamente el consumo de un núcleo de población se observa que cuando el mayor conjunto de habitantes está en sus lugares de trabajo, el consumo en las viviendas es mínimo, y el de las fábricas el máximo; mientras que, cuando los consumos son máximos en las viviendas, en las factorías es mínimo.

Existe un pequeño espacio de tiempo que emplean los habitantes para trasladarse de sus viviendas al trabajo o viceversa, en ese momento el consumo de la ciudad será el mínimo posible. Cuando la mayoría de los ciudadanos duermen, también existe otro consumo mínimo. Durante este período sólo funcionan los aparatos de conservación y el alumbrado público.

Si en la figura 28 se representa en la línea horizontal las horas del día y en la vertical los consumos, la curva de consumos presentarán un perfil parecido al representado.

En el perfil de la figura, el **tramo comprendido entre 40 y 80 %, corresponde al consumo medio**; llamado **consumo llano**. Se observa que **por encima de esta recta sobresale una punta**; que se denomina precisamente **consumo punta**. Por **debajo de la recta 40 %, hay una hondonada**; que recibe el nombre de **consumo valle**. El consumo llano, corresponde a lo que marca un contador, de una sola lectura, a lo largo del día.

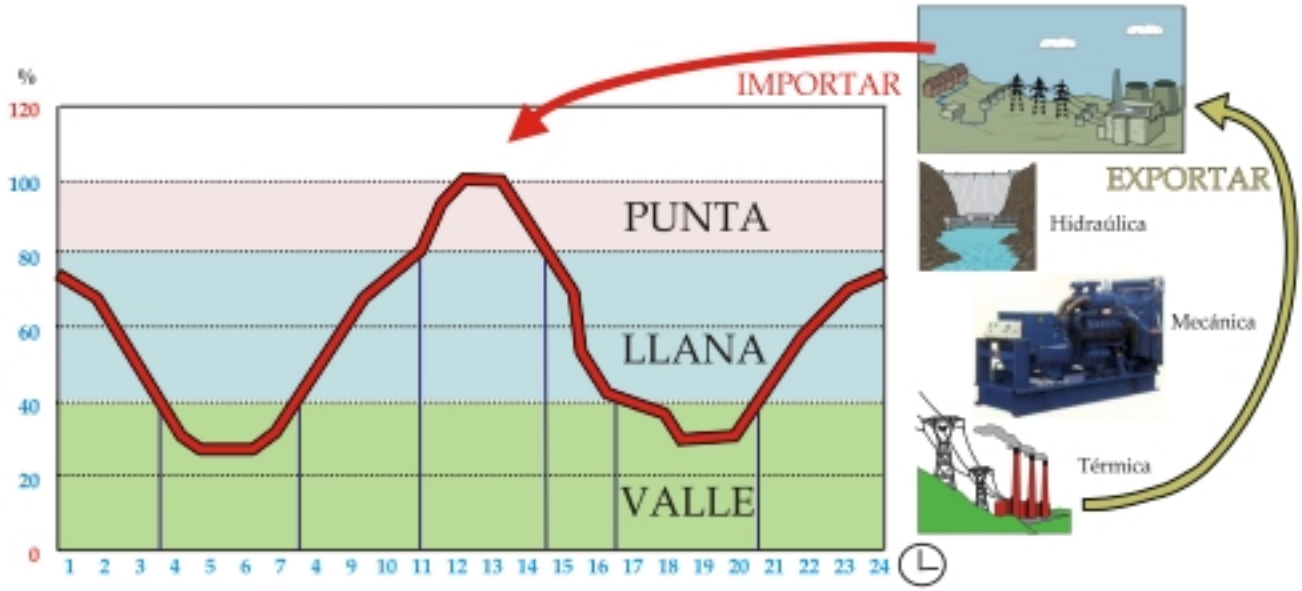


Figura 28. Perfil del consumo diario de una ciudad

En este cuadro de consumo, las horas puntas de consumo están comprendidas entre las 11 y las 14´30 horas y coinciden con las horas de trabajo, en que los ciudadanos no hacen un excesivo uso de la electricidad en sus hogares; pero en cambio, en los lugares de trabajo este consumo es máximo.

Para mantener este consumo punta; las compañías eléctricas han de poner todos sus generadores en marcha, incluso si se rebasa la capacidad de generación, es preciso recurrir a la importación desde los países vecinos, (Portugal, Francia, Marruecos). Por esta razón, **el precio en horas puntas de los kilovatios, es mayor**, en la facturación para la industria se carga un veinte por ciento sobre lo marcado en el total del contador, para compensar **la punta**. Este recargo tan solo se aplica a la industria y no a las viviendas, en que el consumo incluso está por debajo del consumo medio de la vivienda. Cuando el consumo es **valle**, el precio es mínimo, incluso es rentable la **exportación**, y evitar así el pago en euros de lo importado. También en **horas valle** se lleva a cabo la **recuperación del pantano**, que en horas puntas, se ha utilizado en la energía hidráulica.

En la zona de Andalucía y Badajoz, las horas puntas son de **19 a 23 en invierno**, y de **10 a 14 en Verano**.

Basándose en estos diferentes consumos existen contadores de electricidad de **una**, **dos** (figura 29) y hasta de **tres tarifas**, que discriminan la tarifa a aplicar según las horas en que se producen estos consumos.

Estos contadores necesitan un interruptor horario para hacer que entre en funcionamiento un disco

u otro, a fin de que marque la tarifa correspondiente a la hora convenida. Hoy día, el reloj es electrónico, y se programa incluso con el cambio y adelanto y atraso del horario oficial y el horario de invierno o verano de hora punta.

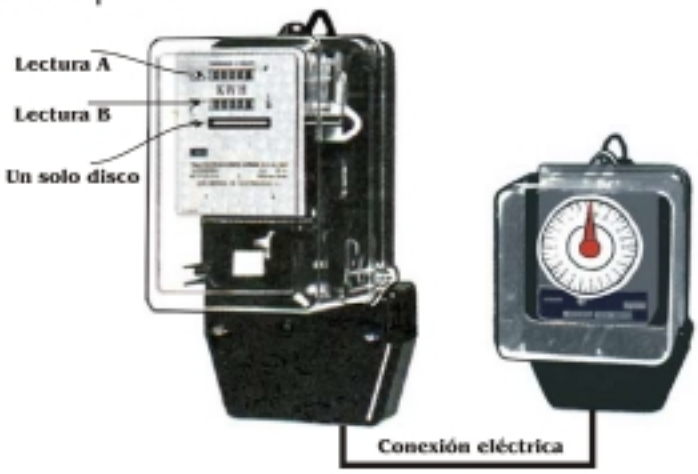


Figura 29 Contador de doble tarifa y primitivos interruptores horarios

El precio que paga el abonado por el consumo de energía eléctrica, depende de la **potencia contratada**, del **período de contratación**, y del **consumo de energía.**

No es lo mismo, como se ha visto anteriormente, el consumo doméstico que el industrial, por lo tanto **son tarifas distintas**. La frontera entre una tarifa doméstica y la tarifa industrial está en los **17 KW.**

Consumos mayores de **17.000 W** se pueden producir perturbaciones en la red de distribución y, por tanto, requieren controles que no son necesarios cuando el consumo es menor. Desde el punto de vista de facturación, la consideración de consumo doméstico, y consumo industrial, en realidad no existe. Solamente que a partir de 17 KW, existe una norma distinta; una pequeña industria puede tener un tratamiento similar a una vivienda, y una gran vivienda puede tener una facturación similar al de una industria, todo depende de este consumo reiteradamente citado.

Cuando el abonado contrata, por medio de contadores de **doble tarifa**, se paga a un precio lo consumido en las **horas valle**, y a otro precio, lo consumido en **horas puntas**. Sí por el contrario; el **contador es de una sola tarifa**, en este caso se paga **lo consumido** durante todo el día **recargado en un veinte por ciento**, por consumo punta supuesto.

También se fabrican contadores de **triple tarifa** que miden exactamente lo consumido durante los tres períodos de facturación, **llano**, **punta** y **valle**.

En resumen: En una **factura de electricidad que rebase los 17KW** contratados, se tiene en cuanta los siguientes conceptos:

- **Potencia contratada** + **Período de facturación** (uno, o dos meses)
- **Energía consumida**
- **Energía consumida en las horas puntas** (si no tiene contador de doble tarifa, el 20 % del consumo)
- **Energía en horas valle** (Solo cuando se tiene contador de triple tarifa)
- **Energía reactiva** (más adelante se verá esto, cuando se estudie la corriente alterna)
- **Alquiler del contador** (en el caso de no sea propiedad)
- **Impuestos** (16% de IVA)

Las facturas cuyos abonados contratan una potencia **inferior a 17 KW-h** tan solo se factura por:

- **Potencia contratada** + **Período de facturación** (dos meses)
- **Energía consumida**
- **Impuestos** (16% de IVA)

16. RESISTENCIA DE LOS CONDUCTORES

Resistencia es la **"dificultad"** que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica. Por la Ley de Ohm, se puede determinar su valor dividiendo el voltaje entre la intensidad de coriente; pero a veces, interesa saber cual va a ser esta resistencia antes de intercalar esta resistencia en un circuito eléctrico.

17. RESISTIVIDAD

La ***resistencia de un conductor*** **es proporcional a su** ***longitud*** e **inversamente proporcional a su** ***sección***, de modo que la *resistencia* de un conductor de longitud **l** será mayor cuantos más metros tenga y menor resistencia cuanto mayor sea la sección **s** del conductor el valor que viene definido por la fórmula

$$R = \rho \frac{l}{s} \qquad (17)$$

ρ (rho) es una constante que depende de la sustancia de que está echo el conductor que recibe el nombre de ***resistividad***.

Si se toma un conductor de longitud igual a la unidad ***l = 1*** **m** y de sección la misma que la unidad de sección ***s = 1 mm*** ^{2}, el valor de su resistencia será igual al de la **resistividad** de ese conductor **ρ = *R***; luego

La resistividad *de una sustancia conductora es* ***la resistencia de un hilo que tiene la unidad de longitud y la unidad de sección.***

Algunos autores consideran como unidad de longitud **el centímetro** y de sección el **centímetro cuadrado**, mientras que **otros** consideran para la longitud **el metro** y para la sección el **milímetro cuadrado**; esta segunda es con la que habitualmente se trabaja, ya que son las unidades de medida más comunes y no necesita transformación a otras unidades.

Ejemplo.- Una línea compuesta por **dos conductores de cobre** de **seis milímetros cuadrados** de sección, tiene una **longitud de dos kilómetros**.
Se desea saber cual será la **resistencia de la línea**. (Sabiendo que **la resistividad del cobre es de 0'018**)

$$R = \rho \frac{l}{s} = \frac{0{,}018 x 2 x 2.000}{6} = 12\Omega$$

Nota: Teniendo en cuenta que una línea necesita un cable de ida y otro de vuelta, la longitud del conductor se halla multiplicando por dos el largo de la línea

18. CAÍDA DE TENSIÓN EN LA LÍNEA

La **caída de tensión** que se produce en un conductor viene dada por la ecuación: **v = R . I** , siendo **R** no el valor de la resistencia del receptor, sino **la del conductor que forma línea**, que se acaba de calcular.

Si **al principio de la línea existen 220 voltios** y el consumo es de, por ejemplo; **4 Amperios**, se producirá una **caída de tensión** de

v = r . I = 12 x 4 = **48** voltios de caída.

Por lo que, al final de la línea habrá solamente **V-v**, o sea

V - v = 220 - 48 = **172** voltios

En la práctica *la **caída de tensión*** de una línea se averigua en **tantos por ciento**.

Se puede averiguar el tanto por ciento que se produce aplicando **la regla de tres**, y se dice:

si **220 V** corresponde un ! 100 %
a **48 V** corresponderá ! **x %**

de donde

$$x = \frac{48 x 100}{220} = \frac{48000}{220} = 21{,}81\%$$

Es decir; que se pierde en la línea un **21'81 %**. Cuando se llegue al capítulo del Reglamento de baja tensión, se verá cual es el valor máximo admitido para la **caída de tensión en las líneas** y se comprobará que una **caída de tensión** del **5 % es lo máximo** que se admite. Luego, **no se puede usar** un conductor de 6 mm^2, para un consumo de 4 A en una línea de 2 Km.

19. CONDUCTANCIA DE UN CONDUCTOR

Se llama **conductancia de un conductor** a la inversa de su resistencia. Si **ρ** es la resistencia de un conductor, su conductancia es...

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \text{ʊ}$$

(18)

se designa con la palabra ***Mho*** que no es otra que ***Ohm*** al revés, otros emplean el Siemens; se representa con la letra griega **omega (Ω) escrita del revés**. ʊ

La **conductividad** o **conductibilidad** raramente se emplea, tan sólo se utiliza cuando se quiere hacer resaltar la buena cualidad de un conductor. El término empleado es: **este conductor tiene mejor conductibilidad** que otro; en lugar de decir: **Este conductor tiene menos resistencia, que ese otro.**

Si la **resistividad** del **cobre** es **0,018**, la **conductibilidad** del **cobre** es **56**

20. LEY DE JOULE

Si una resistencia de **R** ohmios es atravesada por una corriente de **I** amperios, se calienta. El calor desprendido equivale a una energía de...

$$R \cdot I^2 \text{ joule por segundo.}$$

También se puede decir de otra forma:

*Cuando una **resistencia** es atravesada por una corriente de **I** amperios, se produce una pérdida de energía que aparece **en forma de calor**, cuyo valor es de*

$R \cdot I^2$ joule por segundo.

O sea, una pérdida de potencia igual a

$$R \cdot I^2 \text{ vatios.}$$

Se expresa ordinariamente diciendo que se produce en el conductor una **pérdida de energía por *efecto Joule*** igual a: **$R \cdot I^2$** vatios.

Calentamiento de los conductores al paso de la corriente.

Todos los conductores se calientan al paso de la corriente; en unos casos puede ser **beneficioso**, **y en otros perjudicial**. Esto es un hecho y no hay manera de evitarlo; así que, conviene tener presente esto a la hora de proyectar una instalación. Pero ¿cuanto se calientan los conductores?.

Si **R** es la **resistencia** de un conductor e **I** la **intensidad** de la corriente, la **potencia consumida por efecto Joule corresponde a una producción de calor igual a**

$$0'24\ R\ I^2 \text{ calorías pequeñas por segundo}$$

si la corriente circula durante **t segundos**, se tendrá:

$$Q_{cal} = 0'24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t$$

(19)

Es decir, *todos los conductores* ***se calientan*** *al paso de la corriente, y cuanto más tiempo esté circulando corriente por el conductor, el calor desprendido por este será mayor.* Hay que destacar que, *la cantidad de calor* ***Q*** *desprendida en la unidad de tiempo permanece contante*

Cuando la cantidad de calor cedida se hace igual a la producida por el paso de la corriente, la temperatura alcanza su máximo. Si esta temperatura es demasiado elevada se corre el **peligro de incendio.**

Para evitar el calentamiento de los conductores, se imponen **conductores gruesos**; con ello se evitan dos cosas: el excesivo calentamiento y las pérdidas por caída de tensión. Pero; **un conductor de gran sección es mucho más caro que otro fino**. El límite entre lo conveniente y lo necesario será el resultado del cálculo de la sección a determinar, de tal modo que **por un conductor no pase más de un número de amperios por milímetro cuadrado de los que el conductor puede resistir**. Este valor se determina por ensayo y se publica en **tablas** dentro del **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión**

Densidad de corriente. Es *la* ***cantidad en amperios*** *que pasa* ***por cada milímetro cuadrado de sección*** *del conductor.*

$$d = \frac{I}{s} \text{ Amperios por mm}$$

(20)

La densidad de corriente que puede soportar un conductor variar entre 1'3 amperio por milímetro cuadrado y 15 amperios por milímetro cuadrado, cuanto mayor es la sección, menos amperios admite, por ser inversamente proporcional a la sección. Calcular un conductor basándose en la densidad de corriente no es válida. La sección no sólo depende de la cantidad de corriente que puede pasar por él, sino que también hay que tener en cuenta la colocación del conductor: Que puede ser: enterrado, al aire, solo, junto a otros, bajo tubo, con funda, sin funda. En el **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión** se concretan estos casos, mediante **tablas**.

Los conductores pueden agruparse entre sí en *serie*, en *paralelo*, o en montaje *mixto* (que es la combinación de serie y paralelo a la vez).

21. RESISTENCIAS EN SERIE

Se llama **montaje en serie** cuando las resistencias se disponen **unas a continuación de otras**, de tal modo, que **todas** sean recorridos **por la misma corriente** (figura 30) donde se observan las siguientes particularidades:

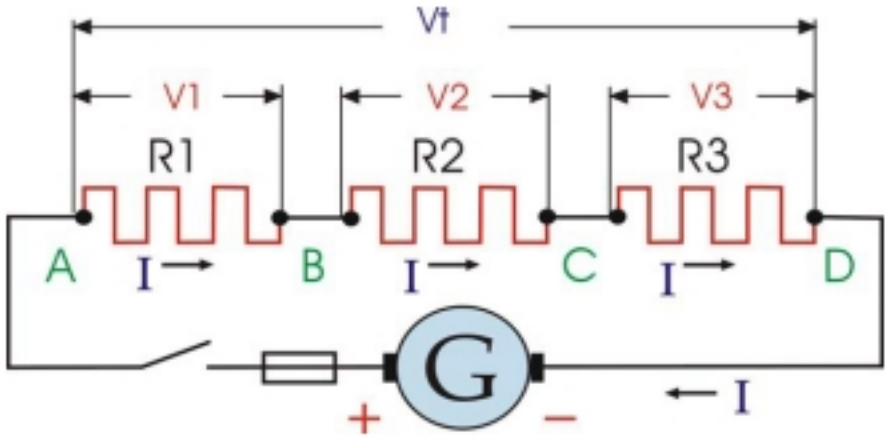


Figura 30 Resistencias en serie

La **resistencia del *conjunto*** es igual a la ***suma*** *de las resistencias* ***de todas*** *las resistencias que lo compone.*

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots R_n$$

(21)

Si en los extremos de este circuito se aplica una diferencia de potencial de **V** voltios, la corriente en este circuito y, por consiguiente, en cada conductor es:

$$I = \frac{V}{R1 + R2 + R3}$$

(22)

La diferencia de potencial entre los extremos de cada conductor es de:

Entre **A** y **B** es de $V_1 = R_1 \cdot I$

Entre **B** y **C** es de $V_2 = R_2 \cdot I$

Entre **C** y **D** es de $V_3 = R_3 \cdot I$

de donde

$$V_1 + V_2 + V_3 = (R_1 + R_2 + R_3)\, I$$

Por tanto

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

(23)

Formula que se expresa diciendo:

*La diferencia de potencial entre los **extremos de un circuito serie**, es igual a **la suma** de las diferencias de potencial que existe entre **cada uno** de ellos.*

Ejercicio: Tres resistencias de **5, 10 y 15 Ω**, conectadas **en serie**, a una pila de petaca de **4'5 V**. ¿A qué **voltaje se podrá cada una** de ellas?

Resuelva este ejercicio aplicando las fórmulas 21, 22 y 2. Si el resultado es correcto obtendrá el resultado final de:

V_1 = **0'75 V**
V_2 = **1'5 0V**
V_3 = **2'25 V**

22. RESISTENCIAS EN PARALELO

Cuando **todos los principios de las resistencias están todos unidos** en un solo punto y **todos los finales están todos unido en otro**, se dice que están agrupados en **paralelo o derivación** (figura 31).

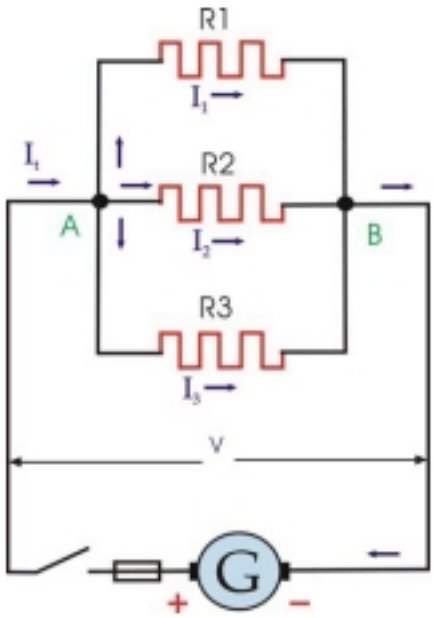


Figura 31 Resistencias en paralelo

La corriente al llegar al punto **A** se reparte entre todas las resistencias R_1, R_2, R_3 de modo que cada conductor será recorrido por corriente I_1, I_2, I_3 de tal modo que la suma de ellas es igual a la corriente total que llega al punto **A**

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (24)$$

Resistencia del conjunto

Hallar el valor del conjunto de resistencias conectadas en paralelo, equivale a encontrar el valor de **una resistencia que sustituya a todo el conjunto por otra de similar valor** (figura 32)

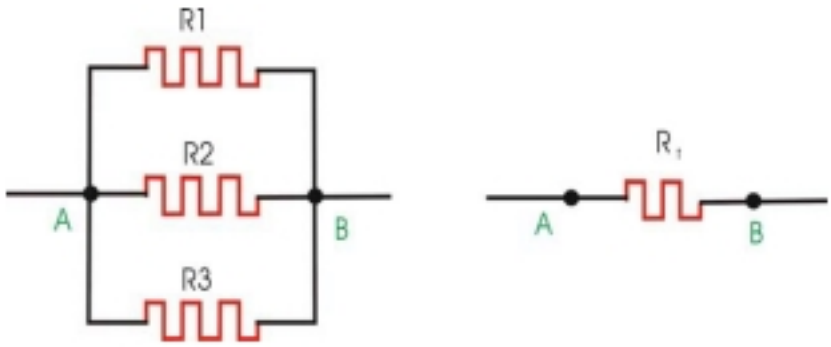


Figura 32 R_T tiene un valor equivalente al conjunto R_1 R_2 y R_3

Si entre los puntos **A** y **B** se sabe que existe una diferencia de potencial de **V** voltios, por cada resistencia circulará

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \; ; \; I_2 = \frac{V}{R_2} \; ; \; I_3 = \frac{V}{R_3}$$

Como se ha dicho que la suma de las intensidades es igual a la intensidad total (fórmula 24), se puede sumar y obtener

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

simplificando y sacando el factor común **V** se obtiene:

$$I_t = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

también se puede sustituir el valor de I_t por su equivalente $\frac{V}{R_t}$

$$V = \frac{1}{R_t} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

simplificando nuevamente queda:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

y despejando el valor de la resistencia total del conjunto

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

(25)

Fórmula que indica:

*La **resistencia total** de un conjunto de resistencias conectadas en **paralelo** es igual **a la inversa** de **la suma de las inversas** de dichas resistencias.*

Observación: **Comparando los dos casos de asociación de resistencia** se observa que:

En **resistencias serie** cuantas más resistencias en serie se agrupan *mayor* es la resistencia del conjunto.

En **resistencias paralelo** cuantas más resistencias en paralelo se agrupan *menor* es la resistencia del conjunto.

En **resistencias serie** el valor del conjunto siempre es *mayor* que el valor de la mayor de las resistencias que lo compone

En **resistencias paralelo** el valor del conjunto siempre es *menor* que la menor de las resistencias que lo compone

23. CASOS PARTICULARES:

Sólo dos conductores en derivación

El **caso de la figura 33**

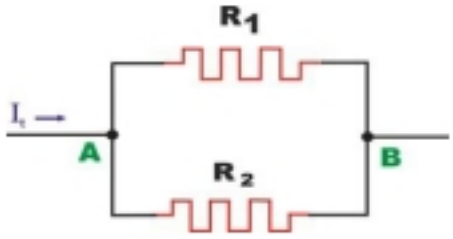


Figura 33 Dos resistencias en derivación

La resistencia del conjunto de estos dos conductores será

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

o bien:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 . R_2}$$

de donde

$$R_t = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2} \quad (26)$$

Por consiguiente:

*La resistencia de **dos resistencias en derivación** es igual **al producto** de las resistencias, **dividido por su suma**.*

Shunt.

Cuando se pone **una resistencia** en **derivación con otra**, se dice que aquella está en ***Shunt*** con esta. En la figura 34 la resistencia **R**, está en derivación con el **amperímetro**. También se puede decir que **R**, es el ***Shunt*** del **Amperímetro**.

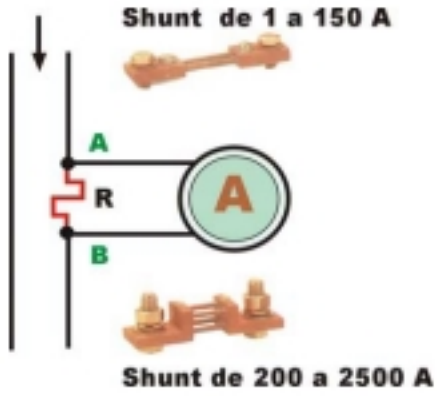


Figura 34 Amperímetro con shunt

Caso de todas las resistencias iguales: si en la fórmula general el denominador, es **común**, basta con multiplicar el valor de una de las resistencias iguales por el número de ellas.

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

en el caso de que $R_1 = R_2 = R_3$

y siendo el número de resistencias **n**, el valor del conjunto es

$$R_t = \frac{1}{\frac{n}{R_1}} = \frac{R_t}{n}$$

Es decir:

$$R_t = \frac{R_1}{n} \quad (27)$$

*El valor de la **resistencia total** de un conjunto de resistencias en paralelo, en **el caso de que sean todas ellas idénticas**, es igual **al valor de una de ella** dividido por **la cantidad de consta el conjunto**.*

Nota de interés: Siempre que se pueda elegir, se escogerán resistencias iguales para acopla. Lo mismo será que sea en serie o en parlelo; puesto que los cálculos son mucho más rápidos y la posibilidad de equivocación será mucho menor.

25. MONTAJE MIXTO

Al montaje de la figura 35, es lo que se llama **montaje mixto**, en el que se observa que:

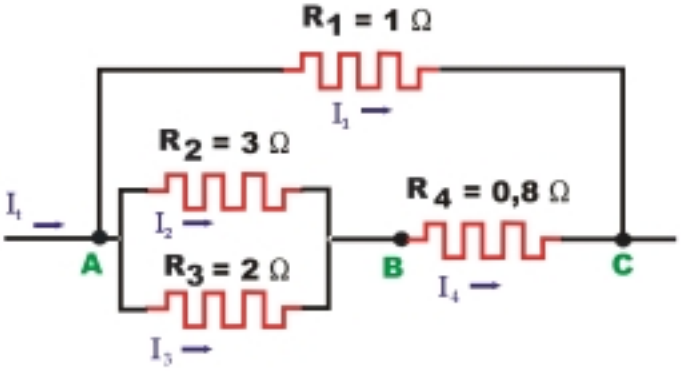


Figura 35 Agrupamiento mixto

Entre el punto **A** y **B** hay dos resistencias conectadas en paralelo la R_2 y la R_3. Estas dos, están conectadas en serie con la resistencia R_4. A su vez, este conjunto de tres resistencias, está en paralelo con la R_1.

El procedimiento de cálculo de circuitos mixtos es el siguiente:

1º. Ver las forma de sustituir pequeños conjuntos por su valor equivalente. En este caso, R_2 y R_3 son dos resistencias en paralelo y quedaría como indica la figura 36

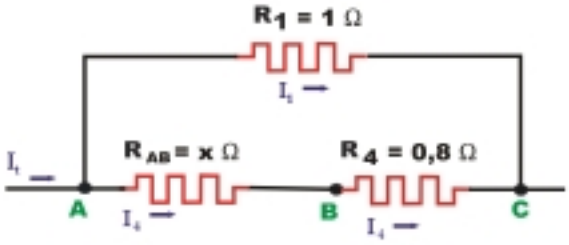


Figura 36 Primer circuito transformado

2º. Seguidamente se toma otro conjunto y se continúa transformando el circuito complejo en otro más simple. En el presente caso se tiene entre el punto **A** y **C** de la rama inferior con el punto intermedio **B**, se tiene dos resistencias en serie R_{AB} y R_4. Si estas dos, se sustituye por el valor de una sola equivalente; se llega al circuito de la figura 37

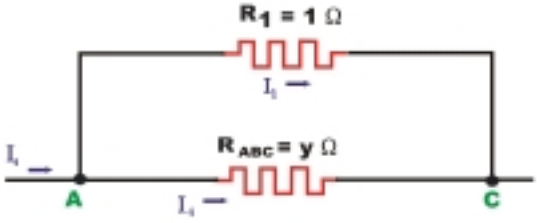


Figura 37 Segundo circuito transformado

3º Después de todas las transformaciones, se llegará a, bien un circuito serie, o un circuito en paralelo: En el ejemplo, un circuito en paralelo de dos resistencias R_1, y R_{ABC}, fácil de resolver.

Ejemplo de cálculos:

Se llama potenciómetro el montaje que se representa en la figura 38. Una resistencia R_1 recibe por sus extremos **A** y **B** una tensión **V**. Entre el punto **D** y el contacto móvil **C** se intercala una resistencia R_2, generalmente menor que la primera.

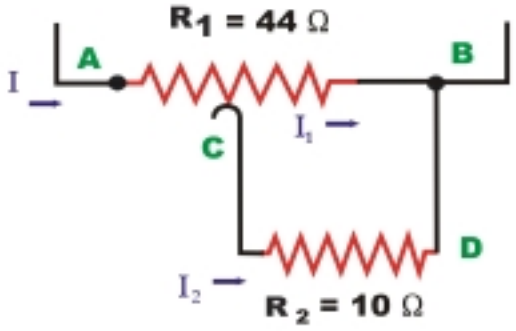


Figura 38 Potenciómetro

Según la posición del contacto **C**, la tensión que reciba la resistencia R_2 estará comprendida entre cero voltios (contacto en **B**) y **V** voltios (Contacto en **A**)

El conjunto se comporta como un agrupamiento mixto, una parte de la resistencia R_1 está en serie, y el resto de la misma en derivación con la resistencia R_2.

Puesto el contacto **C** a la mitad la resistencia del conjunto será $R_1/2$ más el resultado de la combinada $R_1/2$ con R_2. Si el potenciómetro de la figura 38 tiene los valores **V** = 220 Voltios, R_1 = **44 Ohmios**, R_2 = **10 Ohmios**. Calcular el valor de la intensidad de la corriente en la posición media del cursor.

$$R_1/2 = \frac{22x10}{22+10} + 22 = \frac{220}{32} + 22 = 28{,}88\Omega$$

La intensidad de la corriente será

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220}{28{,}88} = 7{,}62\,A$$

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

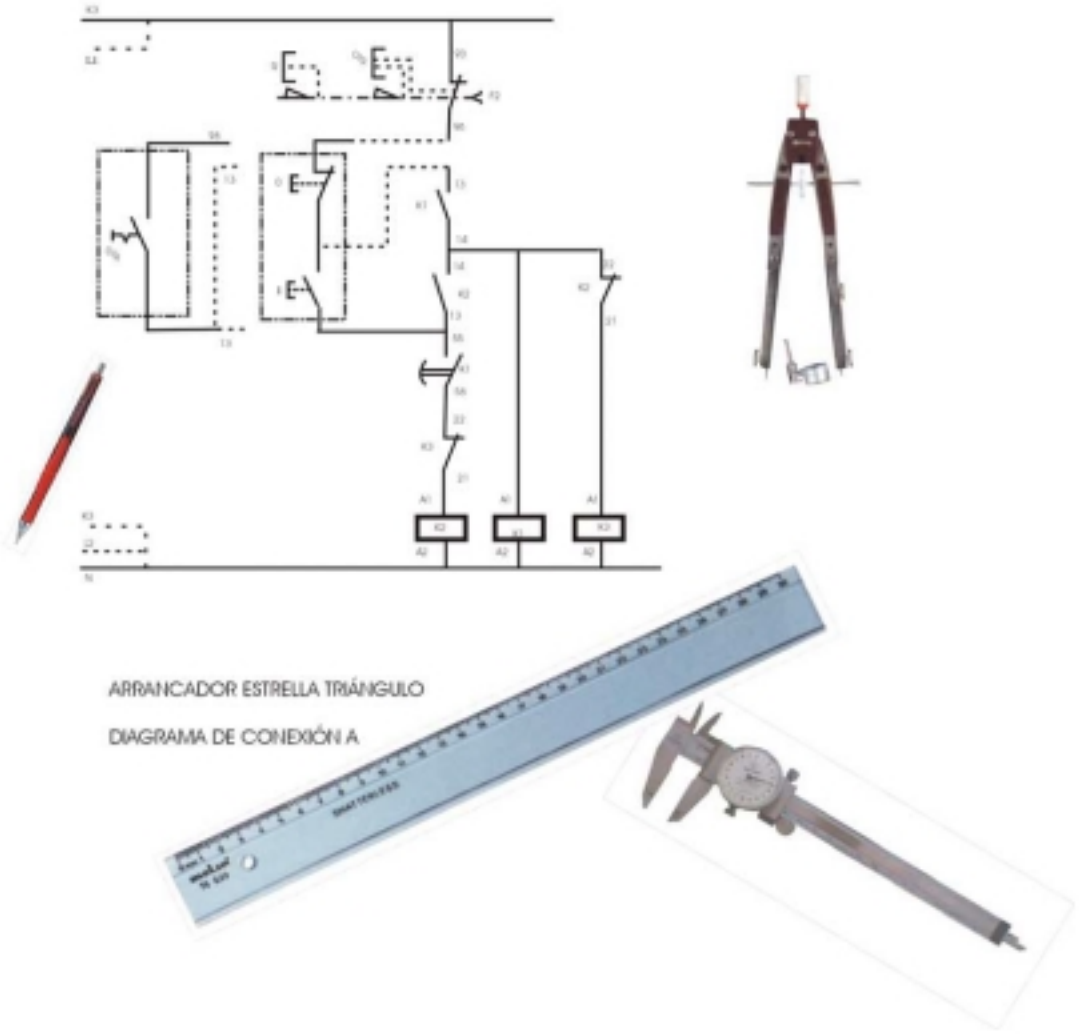
Curso Virtual

Electricidad industrial

Módulo 1
Equipos e instalaciones de distribución
y suministros de energía en Baja Tensión

Tema 2

Planos y croquis



Tema 2

Planos y croquis

Índice

1. Planos y croquis 1
    Croquis, apunte, diseño 1
    Planos 1
    Esquema 1
2. Signos eléctricos convencionales 1
3. Normas eléctricas y electrónicas más comunes 2
4. Tablas de símbolos 3

SÍMBOLOS GENERALES

    Consideraciones sobre la tabla “Líneas y empalmes” 3
    Conductores 3
5. Líneas y empalmes 4
    Características de la línea 5
    Cruce de conductores 6
    Pequeñas diferencias 6
    Anotaciones junto a los símbolos 6
    Signos sobrepuestos 7
    Unión de signos 7
6. Elementos generales de conexión 7
    Observaciones a la tabla “Elementos Generales de conexión” 8

INSTALACIONES DOMÉSTICAS

7. Aparatos de conexión 10
    Variaciones de la norma 11
8. Aparatos avisadores 11
    Clases de esquemas 12
    Esquema unifilar 12
9. Esquemas de trazados 14
    Símbolos superpuestos 14
    Símbolos inventados 16
    Diferencias entre normas 16
10. Circuito eléctrico de una vivienda 17

TRAZADO INDUSTRIAL

11. Transformadores y reactancias 19
    Innovaciones 19
12. Máquinas 20
13. Rectificadores 22
14. Aparatos de medida 23
15. Transformadores de medida 25
16. Conexiones de distintos aparatos de medida 26
17. Relés y contactores 27
18. Esquema de una grúa 28
    Advertencia 28

Tema 2

Planos y croquis

1. PLANOS Y CROQUIS

Croquis, Apunte, diseño

Se denomina así al dibujo echo sin ayuda de instrumentos, es una anotación rápida y simplificada de lo esencial. Puede contener rasgos mal acabados para reforzar la idea principal.

Planos

Son dibujo bien realizado, con acotaciones y utilizando los elementos necesarios de dibujo y los signos convencionales de representación, no admite tachaduras ni dibujos superpuestos, a no ser que sea para despejar dudas. El plano se hace a escala para que la representación guarde las proporciones con la realidad.

Esquema

Representación intermedia entre croquis y plano. El **esquema**, es el **sistema más utilizado** para las conexiones eléctricas.

2. SIGNOS ELÉCTRICOS CONVENCIONALES

Los signos eléctricos utilizan una amplia gama de "símbolos", conque representar la alta variedad de dispositivos que se utilizan en la instalación eléctrica. Dependiendo de lo que se quiere representar se utilizan símbolos distintos para designar un mismo objeto. Por ejemplo: No es lo mismo representar sobre un plano donde tiene que ir sitados la lámpara, las bases de enchufes, los interruptores, que especificar como van conectados estos mismos elementos. Se usa diferente simbolismo dependiendo que es lo que se quiere representar.

Existen normas nacionales de representación eléctrica que por encontrarse adecuadas se copian de unos países a otros y que se suelen llamar Internacionales, en realidad no es así. Cuando un país crea apropiado introducir una ligera modificación sobre un símbolo lo hace y edita sus propias tablas de símbolos. Esto hace que no todo el mundo las respete, bien por desconocimiento o bien por que se creen anticuadas y que ya no son utilizables.

Las grandes multinacionales al fabricar y vender en diversos países tiene problemas de escoger el símbolo adecuado y han optado por crear su propia nomenclatura

En España, de siempre, se ha dicho que simplemente se copian los símbolos que utilizan los alemanes, en realidad no es así, pero sí hay más similitud entre España y Alemania que entre España y otros países

3. Normas eléctricas y electrónicas más comunes

ANSI	Instituto de normalización americano
BS	Prescripciones inglesas
CEE	Prescripciones internacionales preferentes para aparatos de instalación
CEI	Comité electrónico italiano
CEMA	Unión de fabricantes canadienses de productos electrotécnicos
CENELEC	Comité Electrotécnico para la Normalización Electrónica (Europeo)
DEMKO	Organismo de control danés para productos electrotécnicos
DIN	Normas alemanas para la industria
IEC	Comisión electrotécnica Internacional (Todos los países industrializados)
JIS	Prescripciones japonesas
KEMA	Organismo de comprobación holandés de productos eléctricos
NBN	Instituto belga de normalización
NEMA	Asociación de fabricantes de productos electrotécnicos (USA)
NEMKO	Organismo de control noruego para productos electrotécnicos
EN	Norma de la Comunidad Europea
SEMKO	Organismo de control sueco para productos electrotécnicos
SEN	Normas suecas
UL	Departamento de comprobación de los seguros contra incendios nacionales (USA)
UNE	Norma Española. (Organismo español de publicación de normas)
UTE	Asociación electrónica francesa
VDE	Asociación electrónica alemana

4. TABLAS DE SÍMBOLOS

Para facilitar la localización de los símbolos, se han agrupados estos, **en tablas** de familias de un mismo ámbito (la numeración solo es para dar un orden). En este capítulo se han hecho once tablas y por cada una se hacen unas breves advertencias sobre "curiosidades" que se dan con algunos de estos símbolos.

En este tema se han dispuesto tres apartados: **Símbolos generales**, simbología utilizada en **Instalaciones domésticas** y finalmente los símbolos más utilizados en montajes de **Automatización industrial**. Se ha excluido la simbología electrónica, telefónica, y de comunicaciones.

Símbolos generales:	Líneas y empalmes, Elementos generales de conexión
Instalaciones domésticas:	Aparatos de conexión. Aparatos avisadores, Esquemas de trazados
Trazado Industrial:	Transformadores y reactancias, Máquinas, Rectificadores, Aparatos de medida, Transformadores de medida, Relés y contactores

SÍMBOLOS GENERALES

Consideraciones sobre la tabla "Líneas y empalmes"

Todo plano ecléctico, representa símbolos unidos por línea, la representación de líneas se hacen a **un solo color**, es decir, para representar conductores de distintas características, no se emplean colores diversos, sino **líneas con trazos diferentes** (Ver Nº 6, 8 y 10); También se pueden inventar otra forma de representación. Más que una norma de obligado cumplimiento, debe interpretarse como una idea, de qué se puede hacer para representar conductores de usos diferentes, como puede ser **teléfono, TV, Sonido, Corriente Alterna a diferente tensión, Corriente continua.**

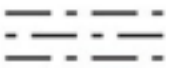
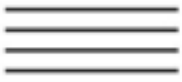
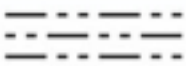
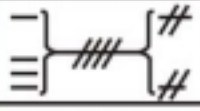
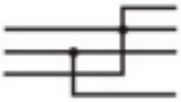
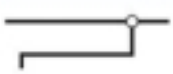
Conductores

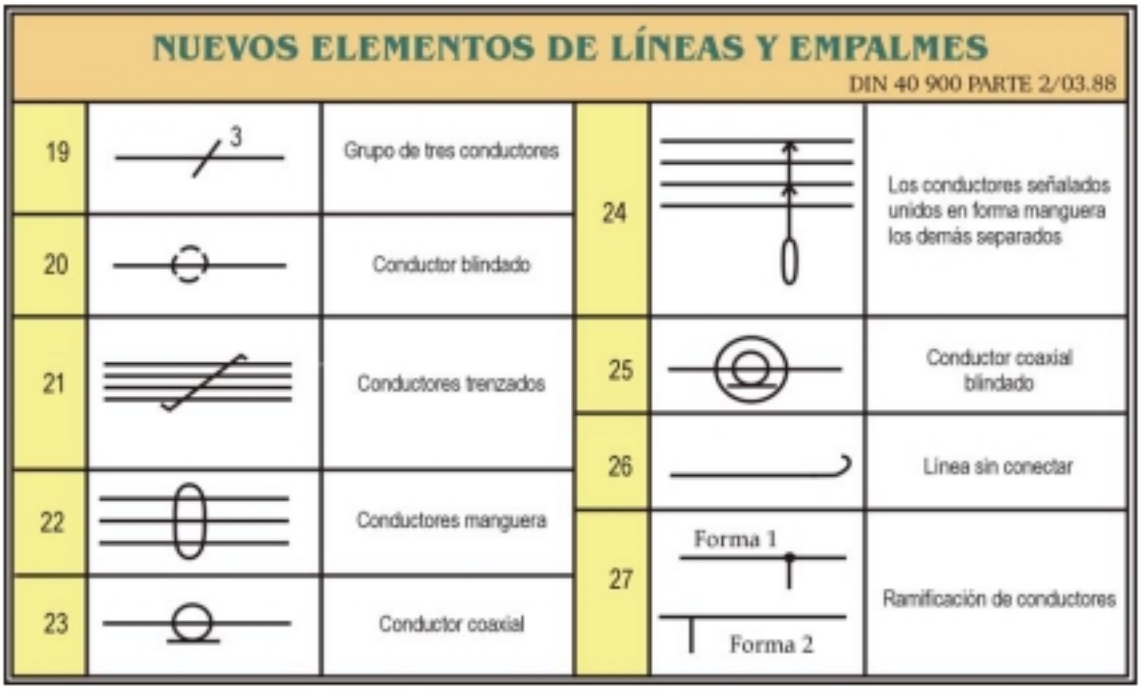
Casi siempre, lo que se representa son conductores terminados, (Ver 1 y 3); pero, hay veces, en que no se acaba una instalación del todo. Su acabado se realiza por etapas. Esto es, que hay que dejar sitio, incluso tubos vacíos, que serán ocupados posteriormente, en cuyos casos los conductores se representan de trazo discontinuo (Ver Nº 2 y 4).

Una red trifásica se puede representar por tres conductores de fase y el neutro, es decir, cuatro trazos (Ver Nº 1 y 3); pero, también se puede representar por un solo conductor atravesado por tantos trazos cortos como conductores tenga la línea, o un solo trazo con el número de conductores (Ver Nº 12 y 19), en este segundo caso se llama representación unifilar.

5. LÍNEAS Y EMPALMES

LÍNEAS Y EMPALMES DIN 40 711

1		Líneas en general	**OTRAS REPRESENTACIONES**		
2		Ídem, debiéndose emplear adicionalmente cuando se necesita hacer una distinción	10		Alumbrado de socorro de señales intermitentes, circuito de noche, de telecomunicación
LÍNEA CON DESIGNACIÓN DEL ESTADO DE CONSTRUCCIÓN			**AGRUPAMIENTO DE CONDUCTORES Y CABLES**		
3		Terminada	11		Conductores agrupados o cable multiconductor
4		En proyecto, o en construcción	12		Ídem con representación unipolar
5		Línea móvil (conexión flexible)	13		Concentración de conductores con designación del sentido de la agrupación
6		Líneas que se instala a voluntad o posteriormente (Línea de tendido posterior)	14		Representación polifásica Cruce de líneas sin empalme
7		Conductor de protección para puesta a tierra, neutro y conexión de protección	15		Representación polifásica Conexiones de conductores
8		Línea independiente	16		Empalme fijo
9		Circuito de llamada y timbre	17		Empalme desmontable
			18		Bornes de conexión



Características de la línea

Se hace siguiendo el siguiente método: Encima de la línea se coloca, clase de corriente frecuencia y tensión. Por debajo de la línea número de conductores, aspa de multiplicación, y sección de los distintos conductores, también material por su símbolo químicos (Cu, o Al)

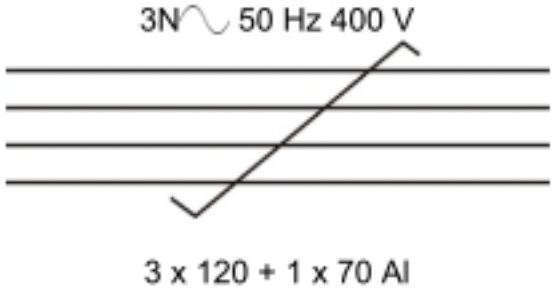


Figura 1 La línea representada es: Cable trenzado de aluminio para tres fases de 120 mm² y neutro de 70 mm² de 400 voltios entre fases a baja frecuencia de 50 Hercios

Hay trazos a los que sólo debe de dárseles una sola representación, como ocurre con el conductor de protección, de raya y punto (Ver Nº 7). Aunque la raya y punto se utilice también en otros trazados, como los ejes que dividen a dos partes iguales, o el contorno de un conjunto.

Cruce de conductores

Es curioso ver como cuando alguien traza por primera vez un esquema, al llegar a un cruce entre conductores, traza un pequeño puente, para indicar que no se tocan. De esta forma es como se representaba hace cuarenta años, y esto, por lo visto, lo entiende todo el mundo; pero, desde hace ya esos mismos años, el cruce de conductores es como se representa en el número 14, y en el caso que exista unión se traza un punto (Ver nº 15). En esto se ha introducido una variante para la derivación. Ahora se puede elegir entre dos opciones (Ver 27): Colocando el punto, como siempre de ha hecho, o prescindir del punto de unión.

Pequeñas diferencias

En la unión de dos conductores se pinta siempre un punto que representa la unión, pero este punto puede ser relleno de blanco o de negro (Ver Nº 16 y 17). El relleno de negro significa unión permanente, pero no definitiva, se puede deshacer, utilizando una herramienta (destornillado, llave fija). El punto blanco, sin relleno, significa que se puede deshacer la unión, sin herramientas, simplemente tirando del conductor, como ocurre con los enchufes.

Otras veces se encuentran signos muy similares con pequeñas diferencias, como ocurre entre el signo Nº 18 y los de la tabla siguiente Nº 28, 30 y 32 que todos son cuadrado rectángulo. Pero, que si dentro de este rectángulo, hay un número, una letra o un signo, se trata de un borne de conexión (Nº 18). En caso de no haber nada será una resistencia (Nº 28), si está relleno de negro es una resistencia inductiva, es decir, una bobina (Nº 30) y si tiene una continuación del conductor (Nº 32) se trata de un fusible. Cuatro pequeñas diferencias para una misma base del signo.

Anotaciones junto a los símbolos

A veces, un símbolo por si solo, no es suficiente para definir un componente, por ejemplo: Para designar la sección del conductor se puede poner: 3 x 2'5 mm^2. Significa tres conductores iguales de 2'5 mm^2 cada uno de ellos o bien: 3'5 x 16 mm^2 + T. Que es, tres conductores de 16 mm^2 y otro de la mitad de sección mas un quinto conductor de tierra de 16 mm^2. Incluso si es necesario, el diámetro del tubo y las características del tubo (vease de nuevo **características de la línea**)

Junto a los símbolos de interruptores, fusibles y demás aparatos de maniobra, se suele anotar el amperaje máximo, y cuando se trata de resistencias, condensadores y elementos similares el valor de estos.

Signos sobrepuestos

Sobre un signo, como por ejemplo, los Nº 28, 29, 30, 31 se colocan uno cualquiera de los tres de la figura 32, se obtiene la Nº 33 una variante que indica que el valor está sujeto a modificación. El como se varía puede no ser especificada, o si, y puede ser de forma continua, o escalonada, depende del signo que se le ponga.

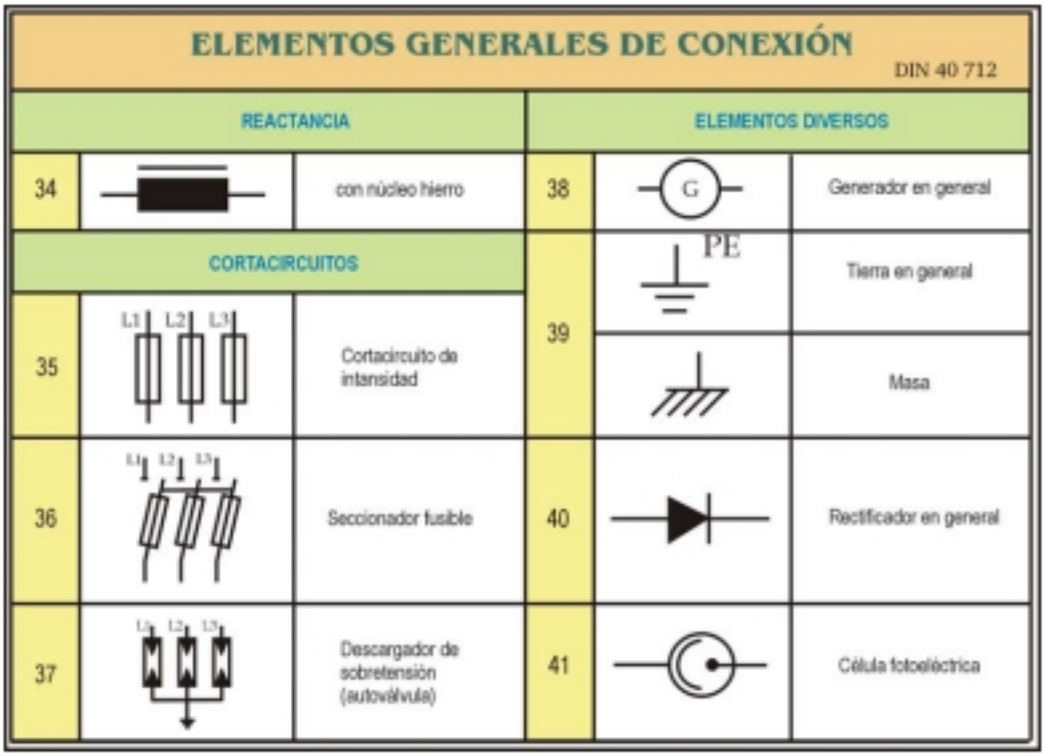
Unión de signos

Dos signos iguales colocados uno al lado del otro, significa que son independientes, que pueden actuar de forma diferente, en cambio, cuando dos o más signos están unidos por una o dos líneas finas, significa que actúan conjuntamente (Ver Nº 36), es decir, que están unidos mecánicamente, y no pueden actuar con independencia.

6. ELEMENTOS GENERALES DE CONEXIÓN

ELEMENTOS GENERALES DE CONEXIÓN DIN 40 712

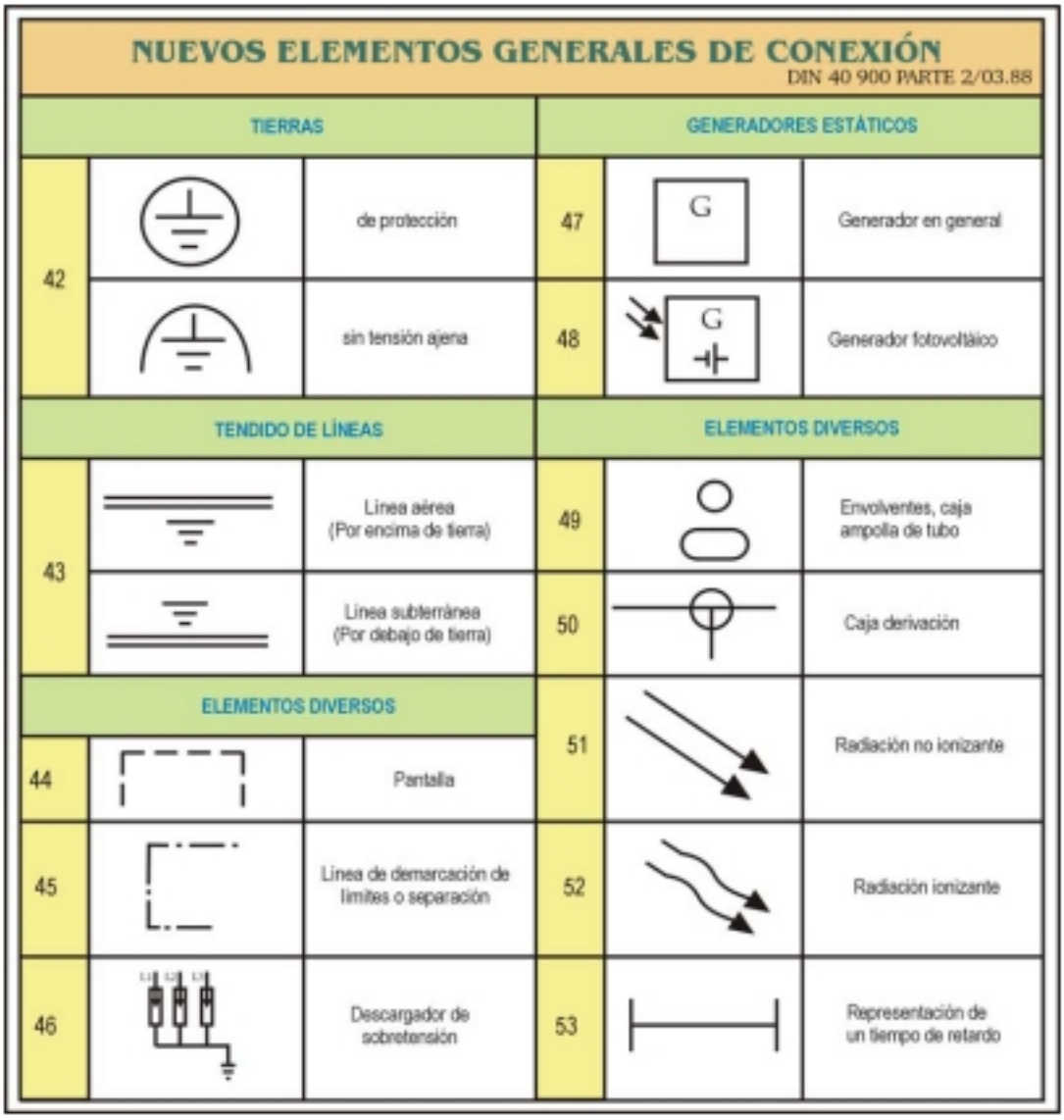
RESISTENCIA			TRANSFORMADOR		
28		en general	31		en general
		con tomas			con tomas
	0°	puramente óhmica			con núcleo hierro
CONDENSADOR			**SIGNOS QUE SE AÑADEN, INDICAN:**		
29		en general	32		regulación en general
		con tomas			regulación escalonada
	90°	puramente óhmica			regulación continua
RESISTENCIA INDUCTIVA			**EJEMPLO DE REGULACIÓN**		
30		en general	33		regulación escalonada
		con tomas			regulación escalonada
	90°	puramente óhmica			regulación continua



Observaciones a la tabla Elementos Generales de conexión

Los 90º que se coloca al lado de los símbolos 29 y 30, y el 0º del símbolo 28, no se refiere a temperatura, son grados eléctricos. Significa que es un elemento puro, es decir que solo tiene una característica, la que se representa. Todos los demás elementos de la tabla además lo que representa, pueden tener en mayor o menor grados, otras propiedades y producir reacciones secundarias. El indicado con 0º y 90º no, es como un sello de calidad. Cuando se estudie la corriente alterna se verá esto con más detalles.

El símbolo nº 30 es una bobina, devanada sobre un cartón especial. Se usan generalmente en alta frecuencia, en circuitos electrónicos. En el nº 34, esta bobina está devanada sobre un núcleo de hierro, la raya colocada sobre la bobina representa este núcleo de hierro. Se utilizan en baja frecuencia y su mayor utilidad está en los tubos fluorescentes. En el nº 31 ocurre lo mismo, la segunda y tercera tiene núcleo de hierro y la primera no.



NUEVOS ELEMENTOS GENERALES DE CONEXIÓN
DIN 40 900 PARTE 2/03.88

TIERRAS			**GENERADORES ESTÁTICOS**		
42		de protección	47	G	Generador en general
		sin tensión ajena	48	G	Generador fotovoltáico
TENDIDO DE LÍNEAS			**ELEMENTOS DIVERSOS**		
43		Línea aérea (Por encima de tierra)	49		Envolventes, caja ampolla de tubo
		Línea subterránea (Por debajo de tierra)	50		Caja derivación
ELEMENTOS DIVERSOS			51		Radiación no ionizante
44		Pantalla			
45		Línea de demarcación de límites o separación	52		Radiación ionizante
46		Descargador de sobretensión	53		Representación de un tiempo de retardo

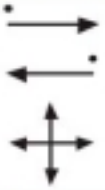
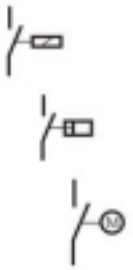
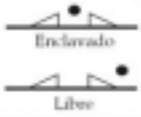
Signo nº 39, el conductor de protección une las partes metálica, que por accidente pueden ponerse en tensión a tierra, a veces, se le llama "**el cable de tierra**" El primero de los dos es la parte que se une directamente a tierra, el segundo, es la masa interior de los aparatos. Todos los aparatos tiene un único borne, donde se conectan todas las masas del aparato, lavadora, microondas, lavavajillas, tostadoras, etc. Dentro del electrodoméstico se encuentra este segundo símbolo.

El símbolo nº 46 es una variante del símbolo nº 37. Se puede dibujar de las dos formas, la más cómoda; pues un nuevo símbolo no anula el anterior.

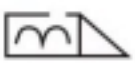
INSTALACIONES DOMÉSTICAS

7.APARATOS DE CONEXIÓN

APARATOS DE CONEXIÓN
DIN 40 713

ELEMENTOS			SENTIDO DEL MOVIMIENTO		
54		de conexión por enchufe	61		movimiento a la derecha movimiento a la izquierda movimiento en cuatro direcciones
55		de conexión por clavija			
56		de contacto para contacto de reposo	FORMA DE ACCIONAMIENTO DEL INTERRUPTOR		
57		de contacto para contacto abierto	62		Envolventes, caja ampolla de tubo Caja derivación Radiación no ionizante
58		conmutador			
59		Interruptor bipolar	63		Radiación ionizante
60		Conmutador de tres posiciones al centro sin conexión	64		Representación de un tiempo de retardo

NUEVOS APARATOS DE CONEXIÓN
DIN 40 900 PARTE 2/03.88

65		Generador termo-eléctrico accionado por calor de combustión	69		Abridor de puerta
66		Fuente de calor por combustión	70		Base de enchufe
67		Fuente de calor en general	71		Base enchufe para telecomunicaciones
68		Resistencia de calefacción	72		Base enchufe para antenas

Variaciones de la norma:

Muchas veces, se ven planos que no se ajustan exactamente a los signos; para eliminar dudas, en todo plano se ha de colocar abajo y a la derecha un recuadro donde se ponga la traducción del significado de cada símbolo que se emplee. De esta forma tan simple, se da autenticidad a un símbolo que esté mal escrito, o incluso si tiene un significado distinto del que se quiere expresar, y se convierte algo mal, en un signo válido

El ver representado constantemente mal un signo, hace pensar que la norma ha sido cambiada; pero por otro lado, si se entiende perfectamente lo que se quiere representar, entonces no se puede decir que está mal. Lo principal es entenderlo y realizar correctamente el montaje.

Si se admite este principio, no existe inconveniente para que usted mismo haga nuevas variaciones. Lo principal es que haya entendimiento entre el diseñador y el realizador, y para ellos será imprescindible colocar en todo plano la clave del significado, lo mismo da que el signo sea el correcto, o el equivocado. Siempre hay que colocar la simbología del esquema, porque no todas las personas que leen un plano tienen por qué conocer el significado de todos los símbolos.

8. APARATOS AVISADORES

APARATOS AVISADORES

ACÚSTICOS DIN 40 712			ACÚSTICOS Y LUMINOSOS DIN 40 900 PARTE 2/03.88		
73		Zumbador	77		Silbato eléctrico
74		Timbre	78		Gong, avisador de un solo golpe
75		Bocina	79		Avisador luminoso intermitente
76		Sirena	80		Avisador óptico trampilla avisadora

Clases de esquemas

Los esquemas reciben el nombre de ***TOPOGRÁFICO***, cuando se representan **lo más parecido al montaje real**. ***EN LÍNEA***, cuando la **fase está arriba** y **el neutro debajo**, con entrada de corriente por arriba y salida por debajo, y por último se denomina ***UNIFILAR*** cuando **no se representan las conexiones** solo se especifican los componentes de la instalación y su ubicación en el plano.

No todos los símbolos sirven para cualquier tipo de esquema, en el **topográfico y en línea** si se **usan los mismos**, pero en **el unifilar casi todos los símbolos son exclusivos** para este tipo de esquemas y no se deben de emplear en los otras dos formas.

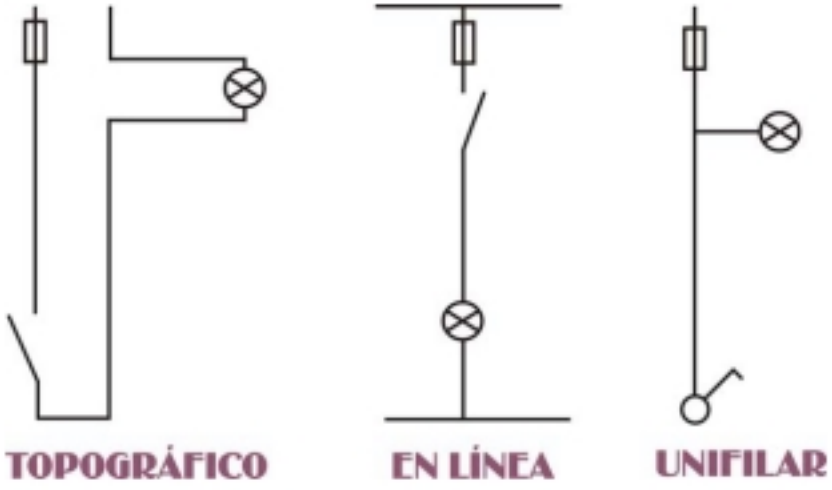


Figura 2. TRES FORMAS DE REPRESENTAR UN PUNTO DE ALUMBRADO

Esquema unifilar

Se utiliza para representar, dentro de un plano, el lugar de colocación de los componentes eléctricos. En el **esquema unifilar** no se representa como van conectados entre sí los componentes, solo el tipo de componente, secciones, y demás medidas que sirvan para aclarar conceptos, si está implícito no es necesario insistir y se omite, solo cuando pueden existir dudas se dan las aclaraciones.

Para manifestar la relación que existe entre dos conmutadores y la lámpara que enciende, algunos delineantes, trazan líneas discontinua (figura 3) uniendo, por el camino más corto los tres componentes relacionados.

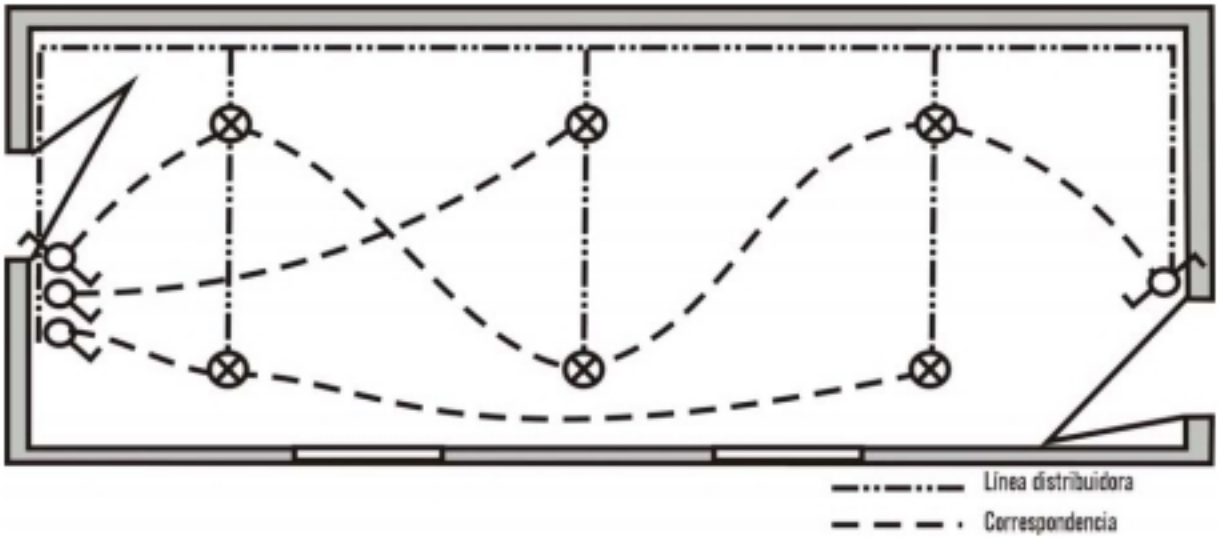


Figura 3 TRAZADO DEL LA LÍNEA DISTRIBUIDORA Y CORRESPONDENCIA DE ELEMENTOS

En esta forma de representación no quiere decir que los conductores tengan que ir por donde está la línea discontinua, la línea real, cuando se representa, se hace de línea continua. En la figura 4, línea y dos puntos. La relación entre lámparas e interruptores se ha hecho con letras y números.

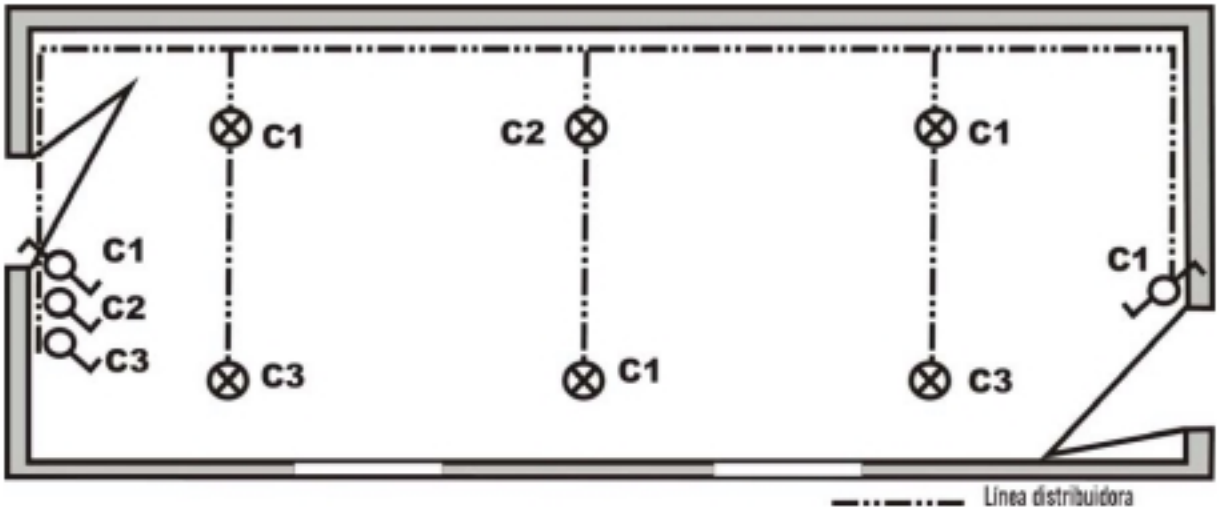
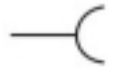
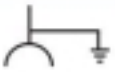
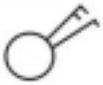
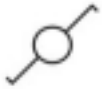
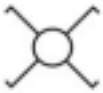


Figura 4. RELACIÓN ENTRE CONMUTADORES Y LÁMPARAS

A veces, en los esquemas unifilares solo se representan los componentes y ni siquiera se hace mención de los conductores, ya que cuanto menos trazos, más claridad. En la tabla de **esquemas de trazados** están representados los símbolos que se utilizan, exclusivamente, en los trazados unifilares.

9. ESQUEMAS DE TRAZADOS

ESQUEMAS DE TRAZADOS DIN VDE 717

SÍMBOLO		DESIGNACIÓN	SÍMBOLO		DESIGNACIÓN
81		Líneas ascendentes	91		Base de enchufe
82		Líneas descendentes	92		Base de enchufe con tierra
83		Acometida	93		Enchufe y conmutador
84		Cuadro de distribución	94		Luz en general
85		Interruptor unipolar	95		Luz con oscurecimiento
86		Interruptor bipolar	96		Luz piloto
87		Dos interruptores independientes	97		Tubo luminoso
88		Conmutador inversor	98		Luz de emergencia
89		Conmutador de cruz	99		Luz de alarma
90		Pulsador	100		Reloj secundario y reloj patrón

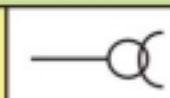
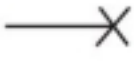
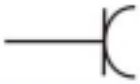
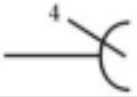
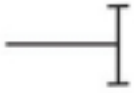
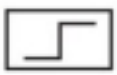
Símbolos superpuestos

Cuando en un mismo lugar hay más de un mecanismo, por ejemplo tres diferentes, al colocalos uno al lado de otro se ocupa demasiado sitio en el plano (ver figura anterior 3 y 4). En estos casos, se recomienda superponerlos, como en el símbolo Nº 87, que es la representación superpuesta de los números 85 y 86.

Otro ejemplo es el Nº 93, que es la superposición del Nº 88 con el Nº 91. Esta superposición de símbolos, sin embargo, los dibujantes no las utilizan muy a menudo, prefieren colocar los tres símbolos a incluirlos todo en uno solo. Sin embargo, es una solución, que está ahí para el que la quiera utilizar

En esquemas de trazados la tabla se ha ampliado en los siguientes símbolos

AMPLIACIÓN DE ESQUEMAS DE TRAZADOS
DIN 40 900 PARTE 2/03.88

TOMAS DE CONEXIÓN			**ALUMBRADO INCANDESCENTE**		
101		Base de enchufe de seguridad	110		Luminaria
102		Base de enchufe con tierra	111		Luminaria con interruptor
103		Base de enchufe de conexión múltiple	112		Intensidad de luz variable
104		Base de enchufe con interruptor bloqueado	113		De seguridad
INTERRPTORES			114		De seguridad y permanente
105		En general, sin concretar			
106		Con piloto	**ALUMBRADO FLUORESCENTE**		
107		Atenuador	115		Un fluorescente
108		Telerrotor	116		Dos fluorescentes
109		Pulsador	117		Cuatro fluorescentes

Símbolos inventados:

Cuando en un esquemas se tiene que representar un mismo símbolo, pero de diferente capacidad, lo recomendado es colocar al lado del símbolo, el amperaje de cada uno. Sin embargo, algunos prefieren resolver la duda haciendo una pequeña variante, como añadir un trazo; por ejemplo, el caso de una base de enchufe con tierra de 10A, 16 A o 25 A. La solución que se le da es poco más o menos las siguientes:

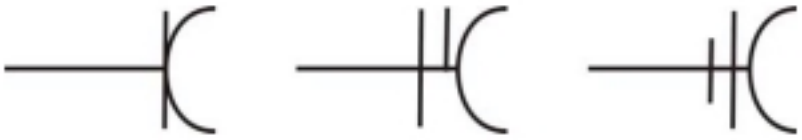
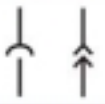
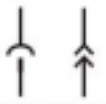
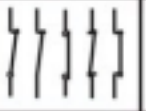
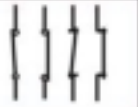
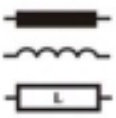


Figura 5. TRES VARIANTES PARA EL SÍMBOLO DE ENCHUFE

Diferencias entre normas

Para el símbolo de la base de enchufe hay otras variantes, dependiendo de la norma que se utilice. En la siguiente tabla, puede observarse como de una norma a otra hay diferentes símbolos, y dentro de la misma norma, en algunos símbolos se admiten hasta cinco variaciones (Interruptor). Esto, unido a las facilidades para la importación, hace que lleguen a España muchos esquemas diferentes. Tantos que mucho electricistas creen que lo él aprendió ya está antiguo y no sirve. Lo único que da validez a un símbolo es (se repite) colocar en el plano la traducción de los símbolos que se emplean.

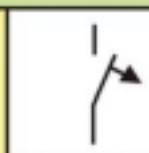
ALGUNAS DIFERENCIAS ENTRE DISTINTAS NORMAS

	IEC (internacional)	UNE (española)	DIN (alemana)	BS (inglesa)	ANSI (americana)
Base de enchufe					
Interruptor abierto					
Interruptor cerrado					
Bobina					

Dar listas exhaustivas de todos los símbolos que existen sería hacer dudar de cual es el adecuado, las norma **DIN** optan por reducirlos a uno, mientras que la norma **UNE**, tiende a dar al menos dos opciones. No convine tener muchas dudas, si además, luego no se siguen exactamente. Estas normas algunos las toman como idea para hacer su propia norma, sobre todo aquellos fabricantes que sus clientes están en países distintos, que tienden a hacer "su propia norma internacional".

INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

DIN 40 900 PARTE 2/03.88

	Símbolo	Designación		Símbolo	Designación
118		Interruptor de protección de línea	120		Guardamotor tripolar protección térmica y magnética
119		Protección térmica	121		Protección diferencial tretapolar

10 CIRCUITO ELÉCTRICO DE UNA VIVIENDA

Todos los símbolos mostrados en las distintas tablas son los más empleados en instalaciones domésticas. Normalmente están relacionados unos con otros. A continuación se muestra el plano de una vivienda con estos símbolos. Es muy importante identificarlos todos, saber que son, aunque de momento no se sepa como se conectan, ni como funcionan, lo importante por ahora, es saber que significa cada símbolo.

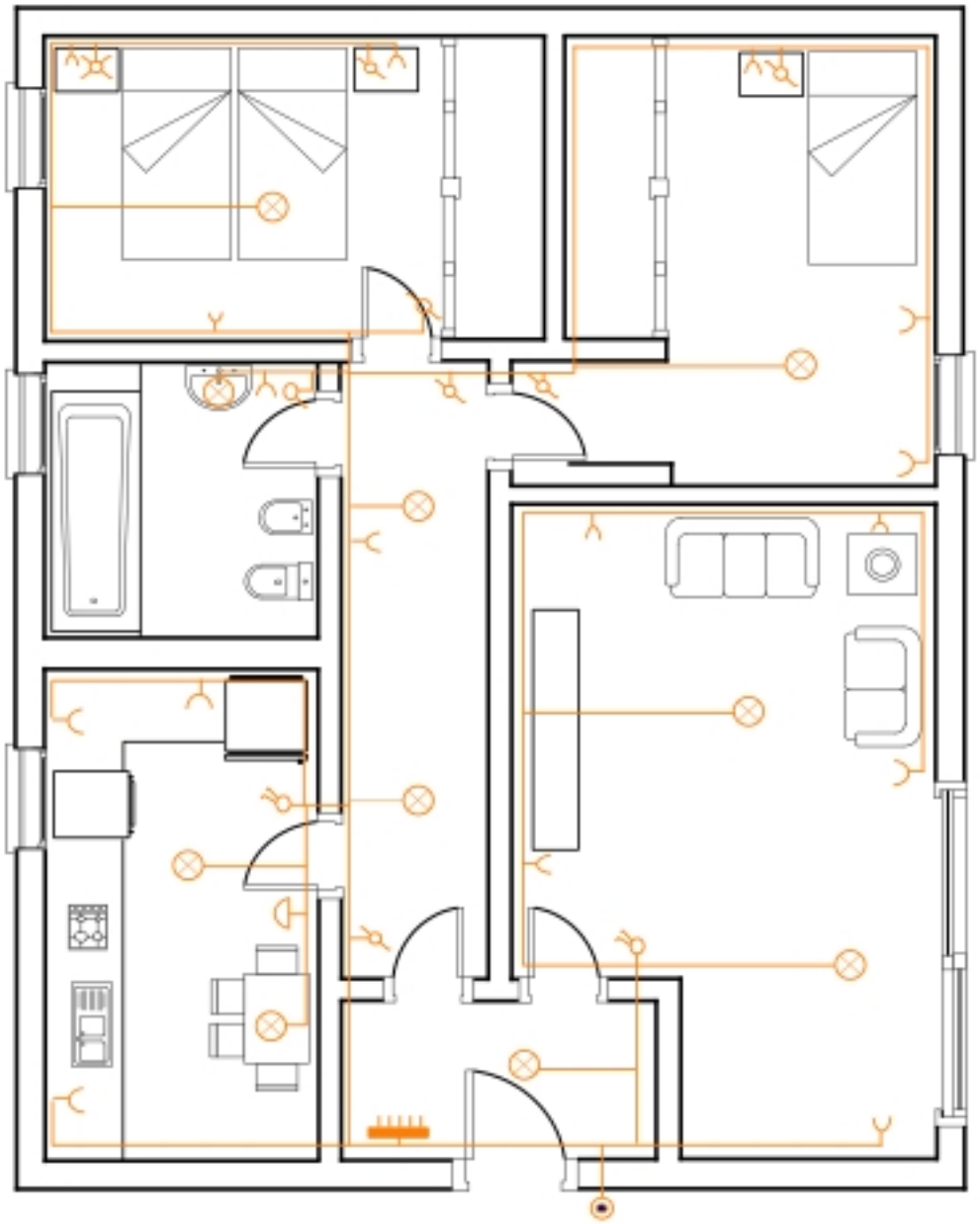
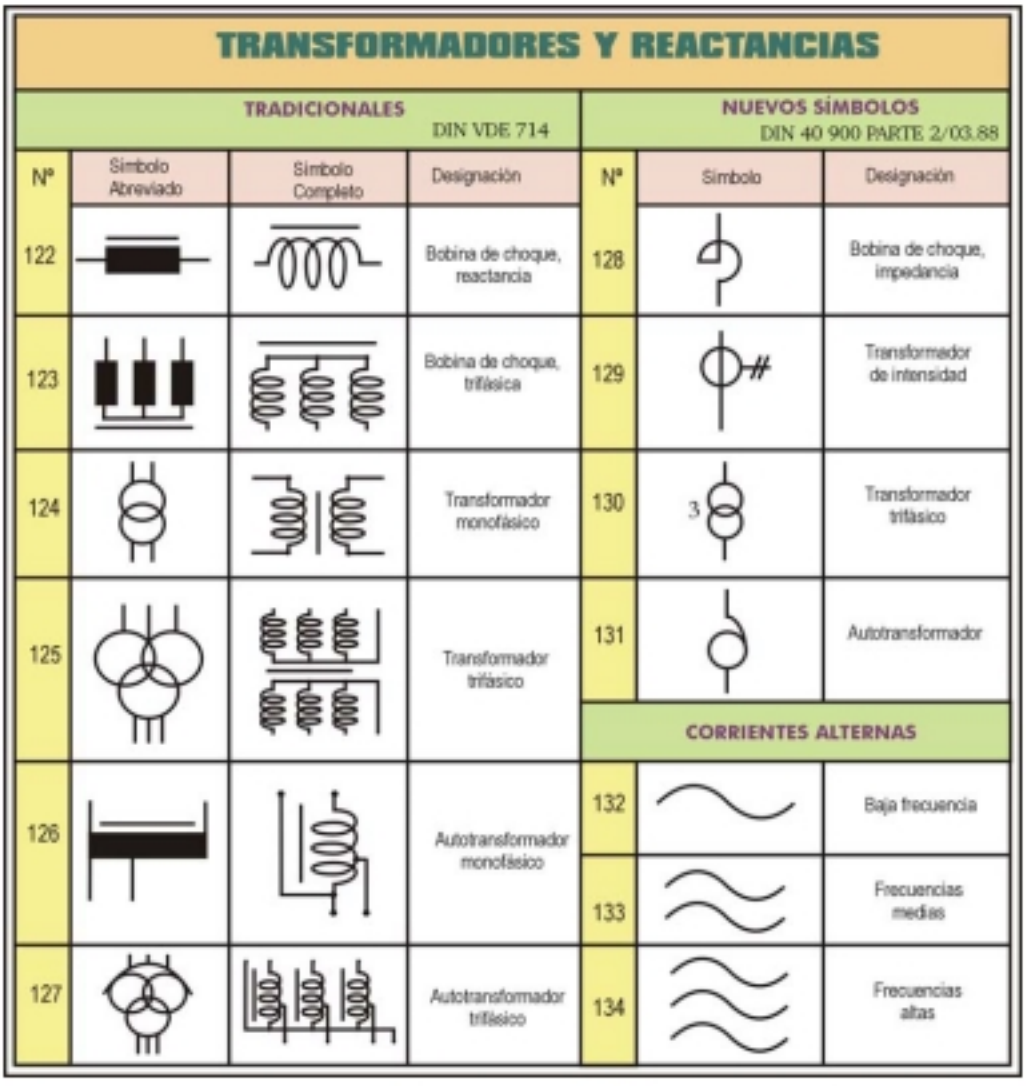


Figura 6 PLANO DE UNA VIVIENDA DE ELECTRIFICACIÓN BÁSICA

TRAZADO INDUSTRIAL

11. TRANSFORMADORES Y REACTANCIAS



TRANSFORMADORES Y REACTANCIAS

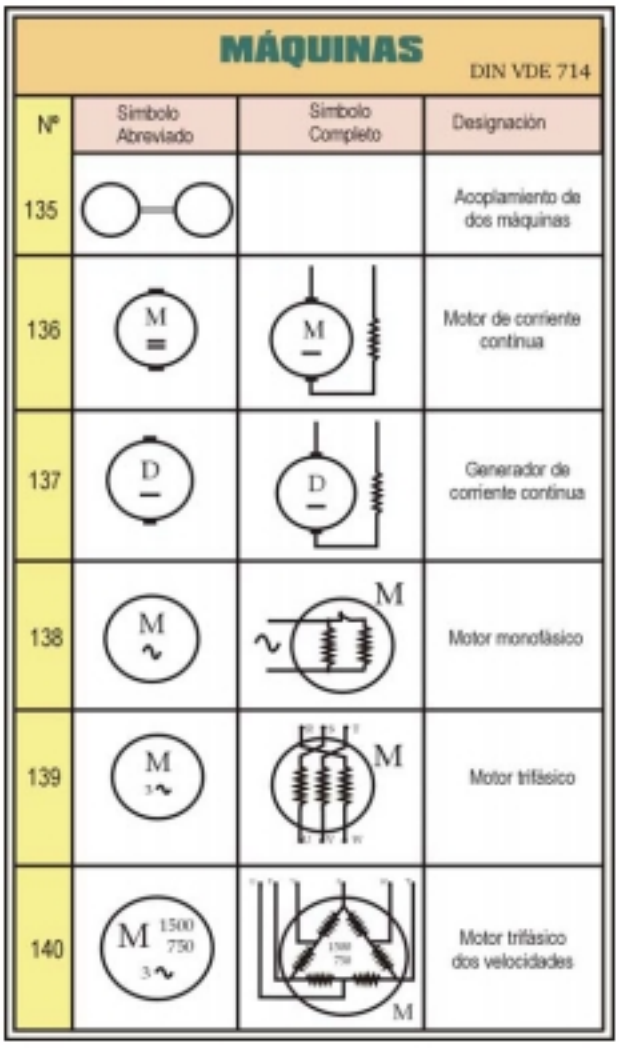
TRADICIONALES DIN VDE 714				NUEVOS SÍMBOLOS DIN 40 900 PARTE 2/03.88		
Nº	Símbolo Abreviado	Símbolo Completo	Designación	Nº	Símbolo	Designación
122			Bobina de choque, reactancia	128		Bobina de choque, impedancia
123			Bobina de choque, trifásica	129		Transformador de intensidad
124			Transformador monofásico	130	3	Transformador trifásico
125			Transformador trifásico	131		Autotransformador
				CORRIENTES ALTERNAS		
126			Autotransformador monofásico	132		Baja frecuencia
				133		Frecuencias medias
127			Autotransformador trifásico	134		Frecuencias altas

Innovaciones

Constantemente la industria crea nuevos productos, y cada vez más pequeños y con más potencia. Desarrollan nuevos interruptores que en algunas ocasiones rompen con lo tradicional, cuando un fabricante pone en el mercado un nuevo producto, inventa, además, su signo. Este nuevo signo puede ser aceptado por otros fabricantes o modificado a su antojo, ante de llegar a un acuerdo internacional muchos de estos símbolos se prestan a confusiones. Lo mejor es tomárselo con mente abierta, no decir nunca este símbolo ya no es así, ahora es de otra manera, porque quien sostenga esto puede estar equivocado.

Por ejemplo, los símbolos nº 124 (Transformador monofásico) y nº125 (transformador trifásico). Raramente se ve representado el símbolo nº125, todo el mundo pinta para representar un trasformador trifásico el símbolo nº124, incluso en cuadros sinópticos de centrales eléctricas. Otro tanto ocurre con el símbolo del autotransformador, nadie lo pinta igual, muy parecidos al 127 pero nunca exactamente igual. Claro que esto puede llevar al estudiante a pensar. ¿Para qué me voy a prender estos símbolos si luego no me los voy a encontrar iguales?. La respuesta es que no hay más remedio que aprenderlos con mente abierta, sin rigideces, pensando que si no aprende ninguno, muy difícil será que entienda los que se nos puedan presentar el día de mañana.

12 MÁQUINAS



MÁQUINAS nuevos símbolos

DIN 40 900 PARTE 2/03.88

Nº	Símbolo	Designación
141	G	Generador estático en general
142	M	Motor paso-a-paso

El número 135 es para colocar dentro de los círculos la letra de la máquina que está unida por el eje a la segunda, puede ser M y D, o G y D, o cualquier otra combinación de máquinas.

En la representación de máquinas raramente se utiliza el símbolo completo, a no ser que sea corriente continua. Lo normal es utilizar el abreviado.

Las máquinas, casi todas son rotativas, sin embargo hoy día existen máquinas estáticas que antes no existían, por ejemplo un generador fotovoltaico. Antes el único generador está tico eran las baterías, ahora se puede utilizar también este símbolo para indicar una batería (nº 141).

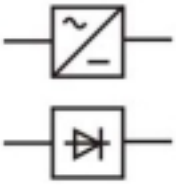
Otra innovación son los motores que no giran más de una fracción de vuelta, como los empleados en las impresoras que utilizan los ordenadores son motores que funcionan a pasos, no a giro completo (nº 142).

En la tabla de rectificadores aparece uno que ya no se fabrica (nº 145). Sin embargo el símbolo no se empleará para otra máquina distinta, quedará para los museos o simplemente para el recuerdo pero el símbolo seguirá existiendo.

Es como si los tranvías de mulas tuviesen un símbolo, no existen, pero cuando existía ese era su símbolo.

13. RECTIFICADORES

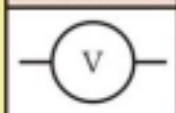
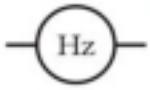
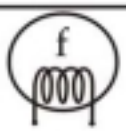
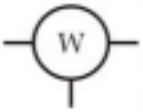
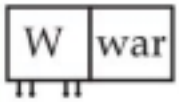
RECTIFICADORES

TRADICIONALES DIN VDE 715			NUEVOS SÍMBOLOS DIN 40 900 PARTE 2/03.88		
Nº	Símbolo	Designación	Nº	Símbolo	Designación
143		Rectificador en general	147		Rectificador
144		Rectificador seco			
145		Rectificador de vapor de mercurio	148		Ondulador
146		Rectificador de doble onda en conexión puente	149		Estabilizador

Se aconseja no utilizar el primitivo símbolo Nº 143, porque recuerda mucho al Nº 145, es mejor utilizar el nº 147, que se asemeja más a los rectificadores modernos.

14 APARATOS DE MEDIDA

APARATOS DE MEDIDA

TRADICIONALES DIN VDE 716				NUEVOS SÍMBOLOS DIN 40 900 PARTE 2/03.88		
Nº	Símbolo Abreviado	Símbolo Completo	Designación	Nº	Símbolo	Designación
150			Voltímetro	155		Fasímetro
151			Amperímetro	156		Indicador de carga máxima
152			Frecuencímetro	157		Sincronoscopio
153			Vatímetro	158		Aparato registrador de potencia activa y reactiva
154			Contador	159		Contador de doble tarifa

Hoy día todos los aparatos de medida se fabrican en dos versiones: de aguja (analógico), o de numeración (digitales). Si bien por ahora son más económicos los analógicos, pronto se invertirá la cuestión monetaria y en un futuro próximo puede que sean más económicos los digitales, de todas formas el símbolo abreviado puede ser el mismo para los dos; lo que no es lo mismo es el símbolo completo que varía bastante.

Cuando se desee especificar que cualquiera de estos aparatos de medida, es digital, se utilizará el símbolo correspondiente, añadiendo debajo de la letra identificación tres ceros como se muestra en la figura 7

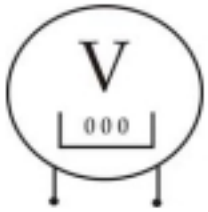


Figura 7. Voltímetro digital

ACCIONAMIENTO DEL MECANISMO

DIN 40 900 PARTE 2/03.88

	Símbolo	Designación		Símbolo	Designación
160		Manual	165		Por rodillo
161		Pulsando	166		Por llave
162		Tirando	167		Por aproximación
163		Basculando	168		Por contacto
164		Girando	169		Por pedal

Los símbolos de la tabla **Formas de accionamiento**, añadido al símbolo de interruptor, indica que forma se acciona ese mecanismo. En la figura 8 está representado un conmutador de cruce y su forma de accionamiento.

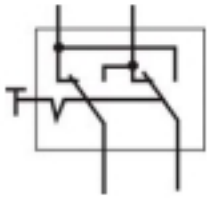
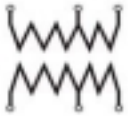
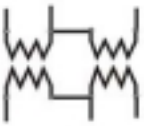
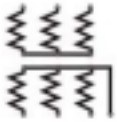


Figura 8 CONMUTADOR DE CRUCE ACCIONAMIENTO BASCULANTE

15. TRANSFORMADORES DE MEDIDA

TRANSFORMADORES DE MEDIDA
DIN VDE 716

Nº	Símbolo Abreviado	Símbolo Completo	Designación
170			Transformador de intensidad
171			Transformador de tensión monofásico
172			Transformador de tensión con tomas en los arrollamientos
173			Dos transformadores monofásicos conectados en V
174			Tres transformadores monofásicos conectados en estrella
175			Transformador trifásico conectado en estrella
176			Shunt

Poca, o ninguna diferencia hay entre los símbolos de transformadores de potencia y los transformadores de medida, sin embargo en el tamaño real si es mucha la diferencia. En un esquema no hace falta, indicar si se trata de un transformador u otro, basta observar junto al transformador los aparatos de medida para saber concretamente de que clase de transformador se trata.

En la siguiente figura 9 puede verse un cuadro general de alimentación de una instalación eléctrica en que aparecen casi todos estos elementos de control y medida de un consumo industrial. Trate de localizar cada uno de los aparatos señalados y rellene, en el espacio en blanco remarcado, el nombre del elemento que señala la flecha

16. CONEXIONES DE DISTINTOS APARATOS DE MEDIDA

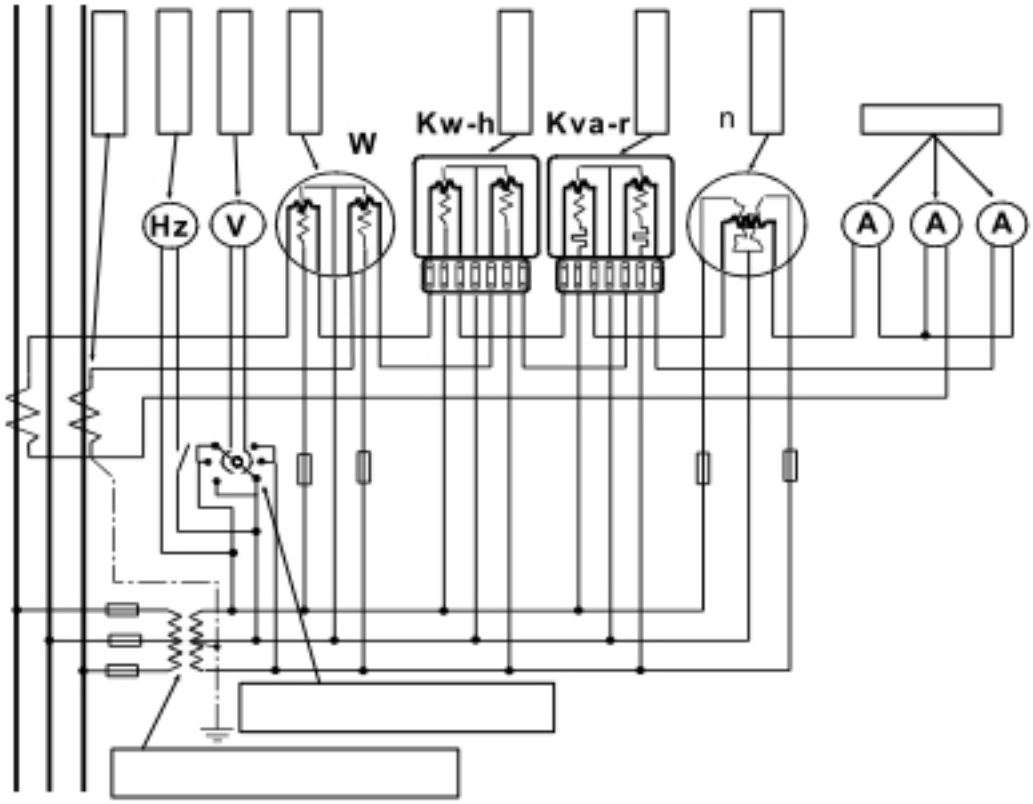
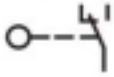
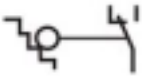
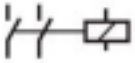
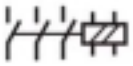
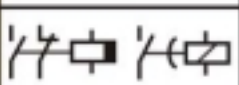
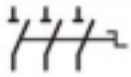
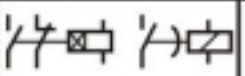
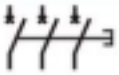
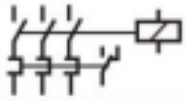
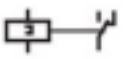
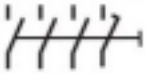
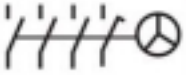


Figura 9 CONEXIONADO DE APARATOS DE MEDIDA A TRAVÉS DE TRANSFORMADORES DE MEDIDA

17. RELÉS Y CONTACTORES

AUTOMATISMO

DIN 40 713

	Símbolo	Designación		Símbolo	Designación
177		Roldana (fin de carrera)	187		Contacto normalmente abierto **NA** o **NO**
178		Accionamiento escalonado	188		Contacto normalmente abierto **NA** o **NO** con retardo a la conexión
179		Bobina electromecánica para dos contactos	189		Contacto normalmente cerrado **NC**
180		Bobina con varios arrollamientos para tres polos	190		Contacto normalmente cerrado **NC** con retardo a la desconexión
181		Con dispositivo de retardo a la desconexión	191		Seccionador accionado girando
182		Con dispositivo de retardo a la conexión	192		Disyuntor trifásico accionado pulsando
183		Bobina electromecánica para tres contactos + Relé térmico	193		Contactor trifásico
184		Relé intermitente	194		Guardamotor trifásico
185		Conmutador accionado por seta	195		Contacto adelantado (actúa antes que los contactos del mismo conjunto)
186		Conmutador accionado por volante	196		Contacto retardado (actúa después que los contactos del mismo conjunto) accionado por volante

El automatismo a base de contactores y relés, mueve la industria mundial, se emplea en todo topo de mando eléctrico, como ejemplo se ha incluido la figura 10, que se divide en dos partes: En la parte superior esta representada lo que se llama la maniobra de la máquina, que funciona a 400 Voltios, y va directamente a los tres motores, en esta parte se utiliza los contactores. En la parte inferior del esquema está el circuito de mando, alimentado a 24 voltios. Aquí se utiliza los relés, que mandan corriente a los contactores obedeciendo al pulsador.

18. ESQUEMA DE UNA GRÚA

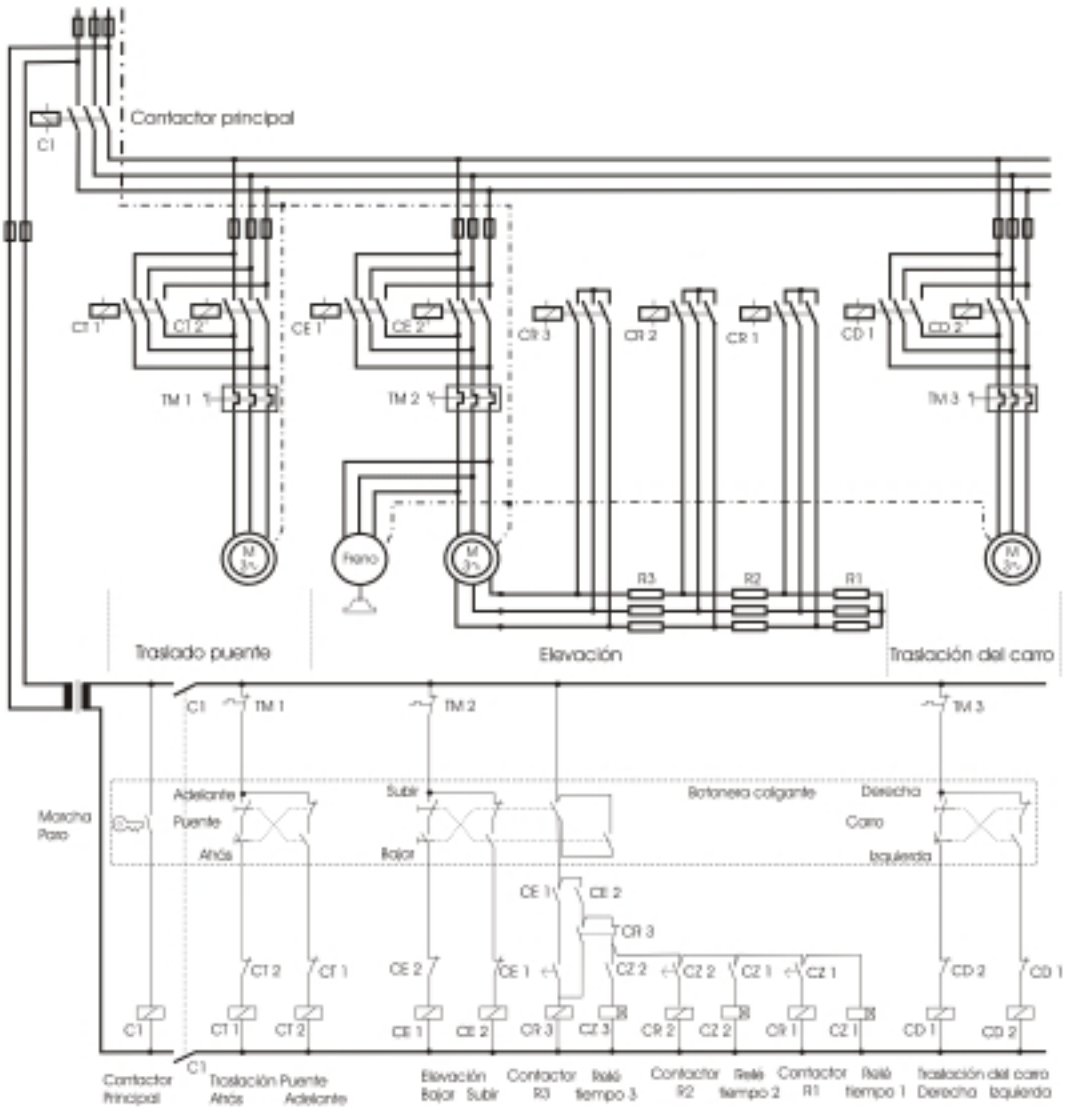


Figura 10 ESQUEMA DE MANDO Y MANIOBRA DE UNA GRÚA CON TRES MOTORES

ADVERTENCIA:

No pretenda aprenderse los **200 símbolos**. A lo largo del curso se irán aplicando estos de una forma gradual, en el primer módulo sólo se usarán los primeros 100 símbolos utilizados en montajes domésticos, por lo que conviene que comience a familiarizarse con los que se pueden utilizar en una vivienda convencional.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual
Electricidad industrial

Módulo 1
Equipos e instalaciones de distribución
y suministros de energía en Baja Tensión

Tema 3

Redes de distribución de la energía eléctrica, tipología y estructuras de las redes

RV-0.6/1 KV

- Cables de cobre rígidos con aislamiento de Polietileno reticulado y cubierta de PVC
- Cables para transporte y distribución de energía en instalación de aire o enterrada.

Capítulo 3

Redes eléctricas de distribución de la energía eléctrica, tipología y estructuras de las redes

Índice

1. Redes eléctricas de distribución 1

2. Redes aéreas 2
   - Redes con cables aislados trenzados 2
   - Estructura de la red 3
   - Cajas de protección 4

3. Tendido de redes aéreas con haz de cables trenzados 4
   - Tendido sobre fachadas 5
   - Derivación de una red trenzada 6
   - Redes principalmente en apoyos 6
   - Líneas aéreas desnudas 7
   - Postes 8

4. Redes subterráneas 10
   - Variantes de líneas subterráneas 11
   - Directamente enterrados 11
   - Canalizaciones entubadas 12
   - Galerías subterráneas 13

ITC-BT-06 14

ITC-BT-7 33

Tema 3

Redes eléctricas de distribución de la energía eléctrica, tipología y estructuras de las redes

1. REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN

Las redes de distribución en baja tensión podrán ser:

- **Aéreas** (Ver **ITC-BT 06**)
- **Subterráneas** (Ver **ITC-BT 07**)

Las redes principales se construyen de **sección uniforme** a lo largo de todo el circuito. En muy raras excepciones, como por ejemplo los ramales derivados, se construyen de forma telescópica; es decir, mayor sección al inicio y menor sección al final de la línea (también llamadas arborescente).

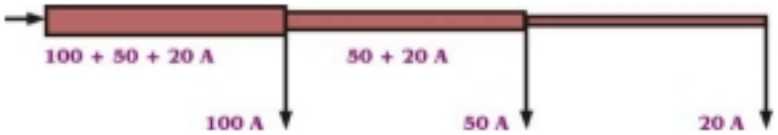


Figura 1 LÍNEA TELESCÓPICA

La **sección uniforme** permite alimentar una red indistintamente por un extremo o el otro, cosa que no puede hacerse cuando la sección es de **forma telescópica**; para poder alimentar una red por **uno cualquiera de los extremos**, es necesario que la red tenga **forma radial**.

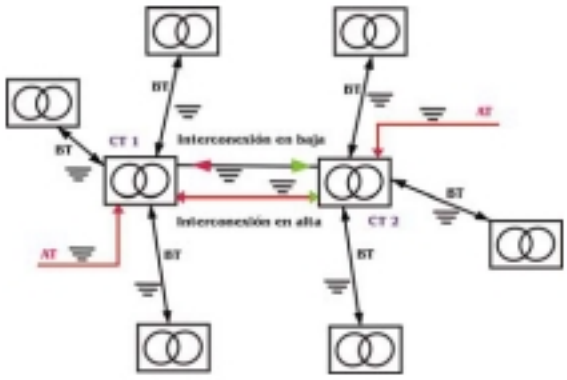


Figura 2 RED DE DISTRIBUCIÓN RADIAL
C1 Y C2 ADMITEN ALIMENTACIÓN Y SALIDA EN DOBLE SENTIDO

Cuando las redes son muy largas se recomienda puntos de seccionamiento **cada 250 m**. Estos seccionadores permitirá aislar tramos para reparaciones, enganches o modificaciones del tendido, sin que afecte a toda la red.

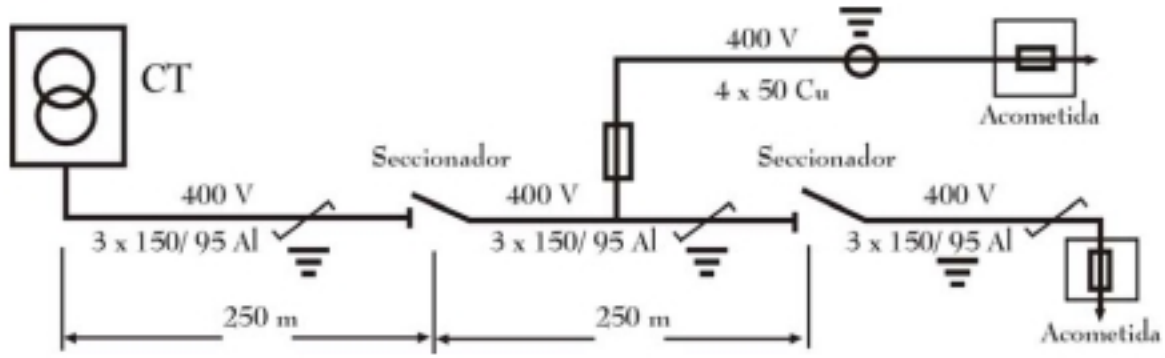


Figura 3 LÍNEA AÉREA DE ALUMINIO TRENZADO CON UNA DERIVACIÓN SUBTERRÁNEA EN CABLE MANGUERA DE COBRE

2.. REDES AÉREAS

La Instrucción Técnica 06 del **Reglamento de Baja Tensión** está dedicado por completo a este tipo de redes, de esta instrucción y de las recomendaciones que hacen las **Compañías Eléctricas Suministradoras** se han sacados las partes que se detallan a continuación.

Preferentemente se utiliza el **cable trenzado en haz**, con tensión de aislamiento no inferior a **0,6/1 KV**. (600 a 1.000 V). En zonas menos pobladas, como las rulares se podrá autorizar el uso del cable desnudo, siempre que esté debidamente justificado. **Se considera cable desnudo** aquel que tenga un aislamiento inferior a **0,6/1 KV**.

Los conductores trenzado **preferentemente se utilizan de aluminio** y deberán estar aislados para una tensión nominal superior a 1.000 voltios. Los **conductores desnudos** preferentemente serán de **acero-aluminio**, y deberán soportar una carga de ruptura mínima de **450 daN**. (450 decaNewton [Kgm/s^2]) Con una sección mínima de **16 mm^2 para el aluminio** y **10 mm^2 para el cobre**.

Redes con cables aislados trenzados

Se utilizarán conductores de **4 x 25**, **4 x 50**, **3 x 95/50** y **3 x 150/95 mm^2**. Cuando el porcentaje de apoyos es muy elevado, se utiliza cables trenzados **con neutro autoportante** para secciones inferiores a **95 mm^2** y con **fijador de acero** para las secciones de **150 mm^2.**

Figura 4 NEUTRO PORTANTE

Figura 5 CABLE CON FIJADOR

Estructura de la red

Desde los centros de transformación, salen las **líneas principales de alimentación**. Desde estas líneas saldrán **las derivaciones**, en cuyos puntos se instalarán las **cajas** necesarias, convenientemente protegidos contra la intemperie, dentro de las cuales se colocarán los **fusibles** para **protección de la derivación**.

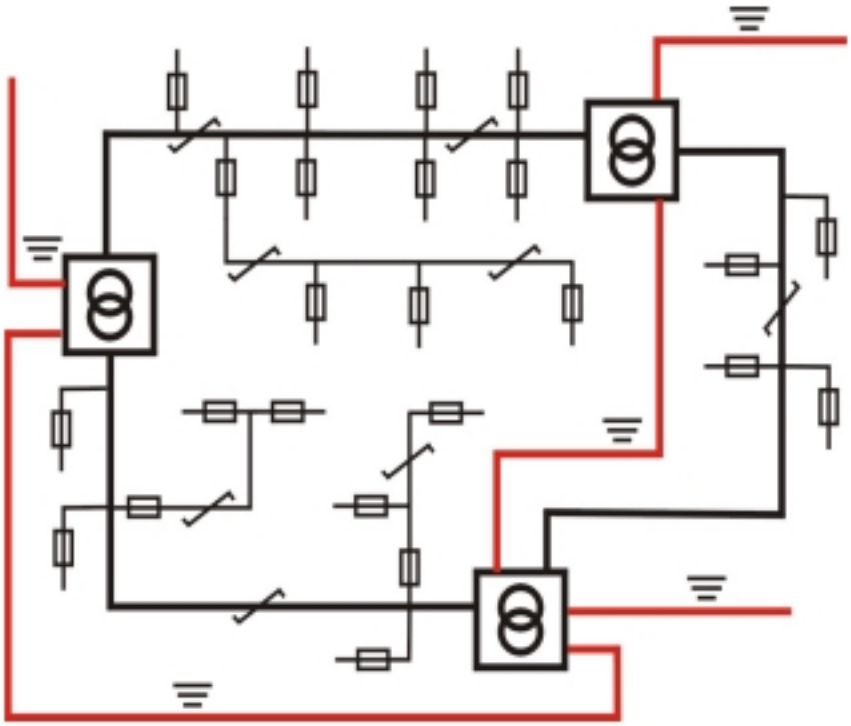


Figura 6 CADA DERIVACIÓN DE LA RED PRINCIPAL TIENE UN FUSIBLE DE PROTECCIÓN

Cajas de protección

Se distinguen **seis tipos de cajas**, según el uso a que se destinan:

Cajas de **interconexión o seccionadora**, destinada a la unión de dos redes primarias de dos centros de transformación. Llevan tres portafusibles de cuchilla tamaño 2, de 400 A y una pieza amovible para el neutro.

Caja de **derivación**, se utiliza siempre que exista un cambio de sección, los portafusibles serán de 160 A o de 250 A.

Caja de **agrupamiento**, para alimentar diversas derivaciones a grupos de viviendas. Entrada para conductor de aluminio de 25 mm^2 y salidas para cobre de 10 mm^2 Portafusibles tipo cápsula de 22 x 58 para 100 A y tamaño 14 x 15 para 40 A existiendo dos tipos: De bifurcación y de trifurcación.

Caja de **agrupamiento para bifurcación**, Estas cajas llevan cuatro bornes de entrada y ocho de salida con fusibles para proteger la sección del conductor de menor sección.

Caja de **agrupamiento para trifurcación**, permite la salida de tres conductores bipolares, las fases para un solo conductor, mientras que el neutro permitirá la conexión de tres conductores.

Caja **de reparto**, es la caja de la que parten los conductores que alimentan la caja general de protección de la vivienda. La caja **no lleva cortacircuitos**, pero sí, bornes de conexión amovibles, que permitan el paso de la red secundaria, de 4 a 10 mm^2 de sección. Así mismo, deberá permitir el paso de la red secundaria, sin necesidad de cortar los conductores, este paso será con entrada y salida lateral. La salida para la acometida se realizará por la parte inferior de la caja.

3. TENDIDO DE REDES AÉREAS CON HAZ DE CABLES TRENZADOS

Puede ser de dos formas:

- Redes principalmente **sobre fachadas**.
- Redes **sobre apoyos**

Tendido sobre fachas (líneas posadas)

En los casos que los conductores se fijen a las fachadas, el envolvente aislante será de la tensión nominal de **0,6/1 KV**. Estos conductores tendrán la consideración de **cables posados sobre fachadas** o muros mediante soportes roscados y con abrazaderas, que de ser metálicos estarán plastificados, de forma que los conductores queden **distanciados de la pared 5 cm**, siendo la **distancia entre soportes** de unos **50 cm**, con las protecciones adecuadas en las esquinas y en los cambios de dirección, así como en salvación de obstáculos, como cruces con canalones, bajantes y otras redes como teléfonos, conducciones de gas, agua o adornos arquitectónicos. La **altura mínima del suelo** será de **2,5 m**

Figura 7 HAZ DE CONDUCTORES POSADOS Figura 8 PASO DE OBSTÁCULOS Figura 9 PASO DE ESQUINA

En los espacios vacíos como el cruce de calles y otros vanos, la red tendrá la condición de **conductor tensado**, y **se utilizará cables fiadores de acero galvanizado** de **6 mm de diámetro aparente**, que se anclará a través de herraje de fijación y tensor en uno de sus extremos. La **altura mínima desde el suelo** será de **4** m, salvo **en el cruce con carreteras que será de 6 m** (ver ITC-BT 06)

Figura 10 EN LA IZQUIERDA EL ANCLAJE, A LA DERECHA EL TENSOR

Derivación de una red trenzada.

Al estar los conductores trenzado, es necesario mirar bien las marcas (grabadas cada 50 cm) antes de pelar los conductores. Se utiliza cuñas de madera para separar el primer conductor una vez pelado se procede a hacer la primera conexión, acabada esta de trasladan las cuñas para separar el segundo conductor y así con los cuatro conductores, la derivación ofrecerá una vista similar a la de la figura 11.

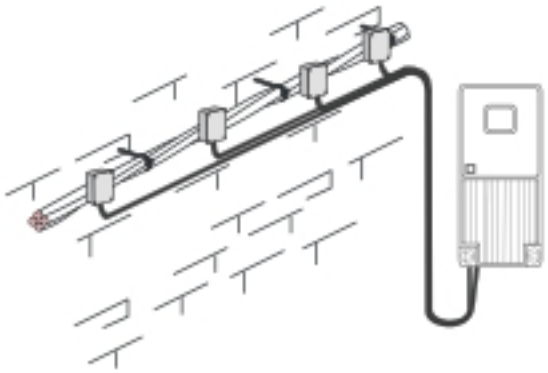


Figura 11 DERIVACIÓN DE LA LÍNEA Y CAJA DE CONTADOR

Redes principalmente en apoyos

En estos casos la red estará tensada toda ella sobre el neutro portante o fiador, colocando sobre soportes de suspensión tipo oscilante y resistente a la intemperie y a los esfuerzos que ha de soportar en apoyos de alineación y con las pinzas de anclaje o retenciones preformadas necesarias en los apoyos de anclaje, ángulo o fin de línea.

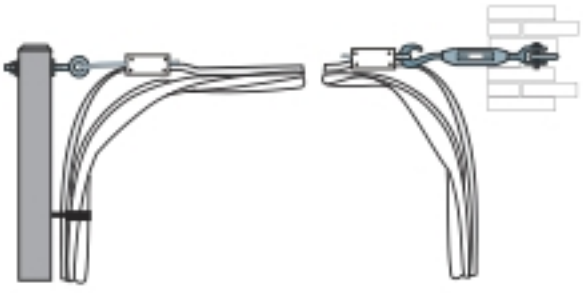


Figura 12 LÍNEA SOPORTADA POR NEUTRO PORTANTE

Cuando los postes están formados por perfiles en forma de L (figura 13), al lado contrario del tiro se podrá siempre tirantes; de no hacerlo el poste podrías ceder y doblarse

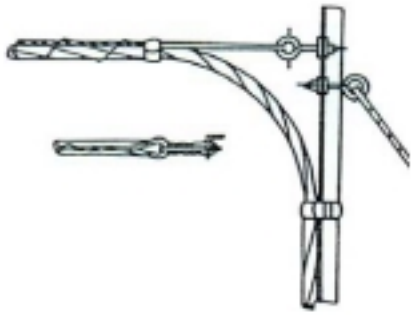


Figura 13 POSTECILLO DE PERFIL L CON TIRANTE

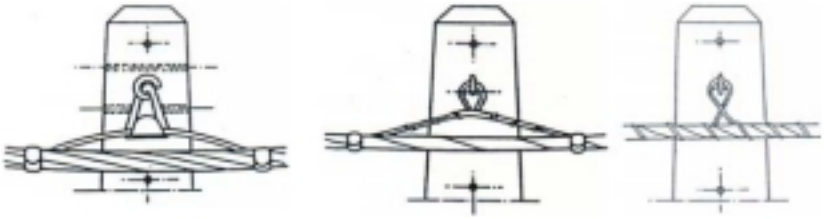


Figura 14 DISTINTOS TIPOS DE FIADOR

En tramos rectos, sin cambios de dirección horizontal o vertical, el soporte del haz de cables se hace utilizando accesorios de suspensión como los que se muestran en las figuras 14.

Líneas aéreas desnudas

Estos tipos de redes se usan como una excepción en el medio rural siempre que las condiciones técnicas no aconsejen la instalación de cables trenzados. Estas líneas necesitan informes previos de instalación que justifiquen su uso. La distancia entre conductores dependerá de la separación entre postes, y están especificadas en la **ITC-BT 06 -3.2.2.**

Los conductores son de aluminio-acero, y los aisladores de porcelana o de vidrio (figura 15), para una tensión de 1.000 V. Los soportes pueden ser rectos o curvos de acero galvanizado(figuras 16), en los apoyos de fin de línea en lugar de aisladores rígidos, se colocarán cadenas con grapas de amarre.

Figura 15 PERFIL DE AISLADOR DE BAJA TENSIÓN Y DE ALTA TENSIÓN

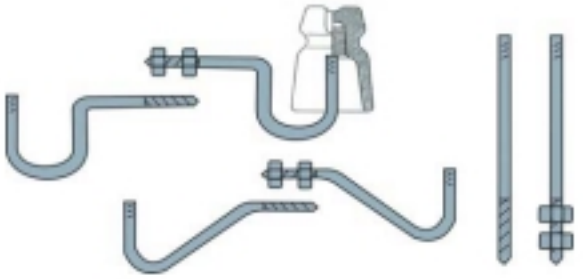


Figura 16 SOPORTES PARA AISLADORES DE BAJA TENSIÓN

Postes

Los postes, o apoyos, para líneas de conductores desnudos, pueden ser de hormigón, de hierro y en algunas ocasiones también de madera (figura 17), los de baja tensión se diferencian de los de alta, por la forma de los aisladores, y por tener una menor altura. Todos los apoyos tanto como si son de hormigón, como metálicos estarán puestos a tierra, incluso si se trata de cables trenzados. El conductor neutro cada 500 m se pondrá a tierra, prefiriendose los apoyos de donde partan derivaciones importantes, y también se conectará a tierra el neutro a 200 del final de la línea. Cuando la red sea de cable desnudo, las tierras del neutro y del apoyo serán independientes.

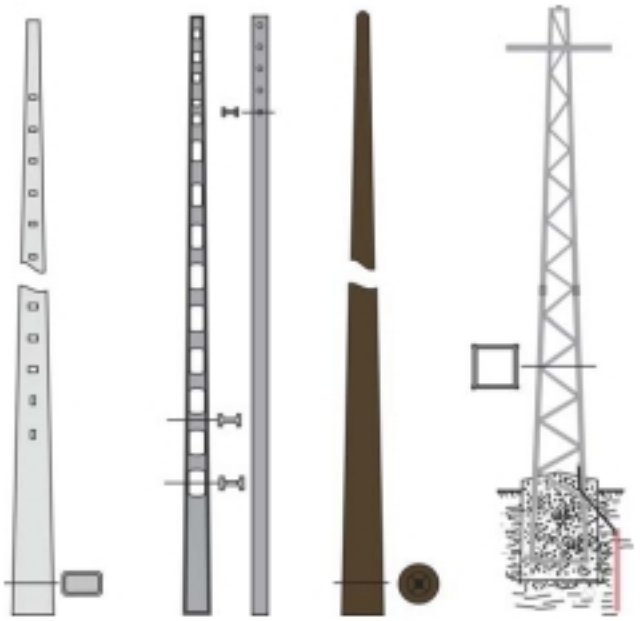


Figura 17 DISTINTOS TIPOS DE POSTES PARA LÍNEAS ELÉCTRICAS

En toda red aérea **el uso de tirantes y tornapuntas deberá restringirse todo lo posible**, diseñando líneas rectas siempre que el terreno lo permita

La forma en que se colocan los conductores, preferentemente es triangular, para lo cual se disponen las crucetas formando tresbolillo o distintas longitudes de estas como puede verse en las figuras 18 a 20.

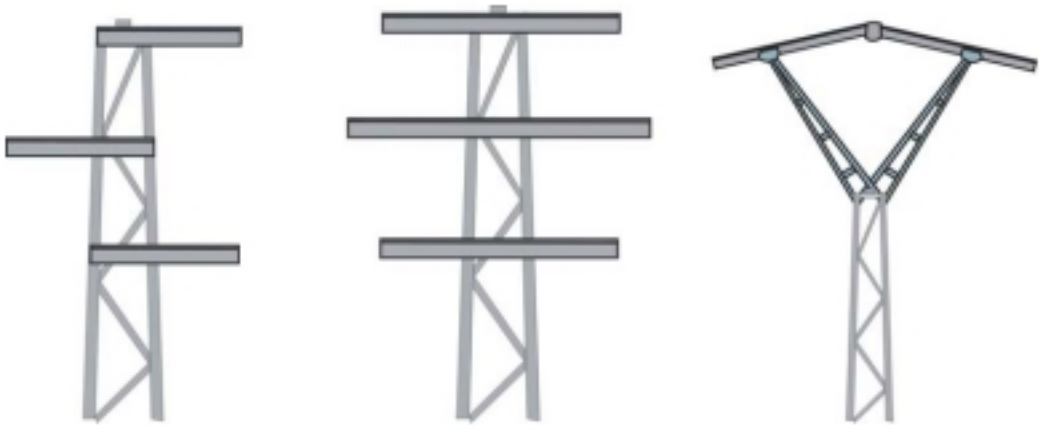


Figura 18 CRUCETAS PARA UNA LÍNEA, DOS LÍNEAS Y DE BÓVEDA

4. REDES SUBTERRÁNEAS

La instalación de las líneas subterráneas se hará necesariamente sobre terrenos de dominio público, o bien privado, por lo tanto estarán sujetos a las ordenanzas municipales locales, no permitiéndose su montaje por los patios interiores, garajes, que dificulte la manipulación en su montaje y las modificaciones o reparaciones posteriores que surjan.

Los conductores serán de cobre o aluminio aislados con mezclas apropiadas, y protegidos contra la corrosión del terreno donde se instalen la tensión de aislamiento no podrá ser inferior a 0,6/1 KV y la sección mínima será de 6 mm^2 para el cobre y 16 mm^2 cuando se use conductor de aluminio.

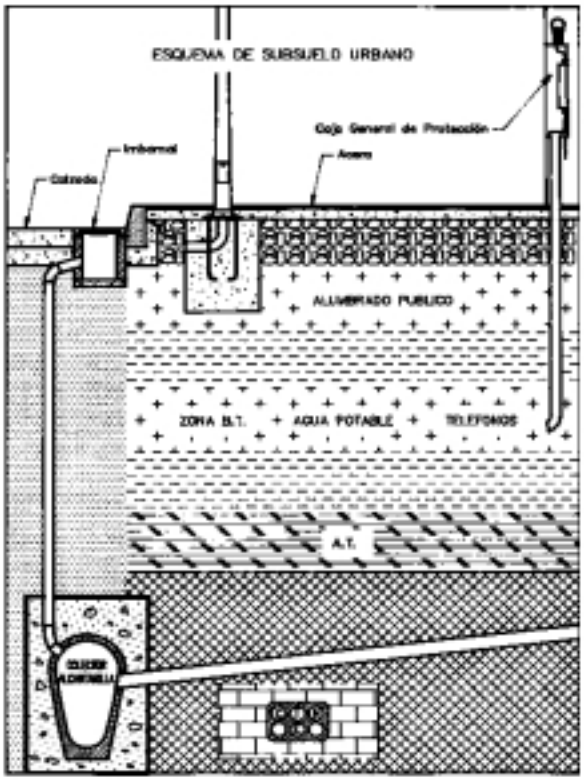


Figura 19 REPARTO DE PROFUNDIDADES DEL SUELO URBANO

Variantes de líneas subterráneas

Los cables aislados podrá instalarse de cualquiera de las maneras indicadas a continuación (ITC-BT 07)

- Directamente enterrados
- En canalizaciones entubadas
- En galerías registrables
- En atarjeas o canales revisables
- En galerías visitables
- En galerías de más de 400 m de longitud

Directamente enterrados

Las líneas se enterrarán a una profundidad mínima de 0,6 m en aceras y 0,8 en calzadas. El lecho de la zanja será lizo y libre de aristas vivas, con una capa de arena cribada de 0,05 m de espesor, sobre la que se colocará el cable y por encima otra capa de arena cribada de 0,10 de espesor. Por encima de la arena deberás tener una protección mecánica y se colocará además una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos de baja tensión, a una distancia mínima del suelo de 0'10 m y 0'25 m por encima del cable

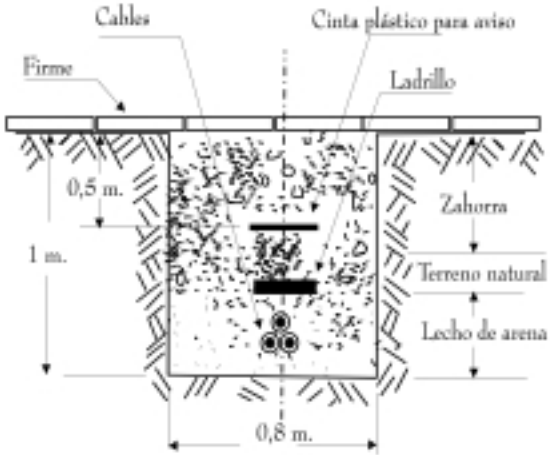


Figura 20 CABLES ENTERRADOS DIRECTAMENTE, SIN TUBO PROTECTOR

Los cruces de calzadas se hará siempre bajo tubo colocando para su protección una capa de hormigón de 15 cm de espesor

Canalizaciones entubadas

El diámetro mínimo para tubo enterrado se establece en la tabla 9 de la ITC-BT 21 pero como norma general algunas empresas prefieren el tubo de 140 mm de diámetro exterior, que según esta tabla, corresponde a seis conductores de 95 mm^2 de sección. Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección. Disponiéndose de arquetas con tapa que faciliten el tendido de los cables, la distancia máxima entre arquetas será de 40 m. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

No se instalará más de un circuito por tubo, pero si se puede instalar más de un tubo junto, cada tubo para un circuito diferente.

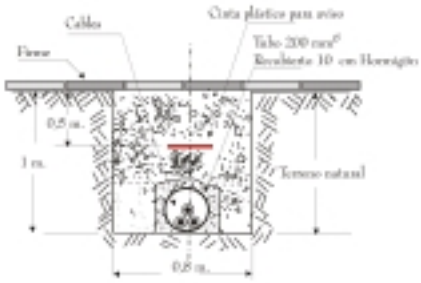


Figura 21 COLOCACIÓN DE CABLES EN ZANJA PROTEGIDO CON TUBO

La profundidad estará comprendida entre un mínimo de 0,60 y 0,80 m, dependiendo de las condiciones del terreno y el cruce con otros tipos de conducciones.

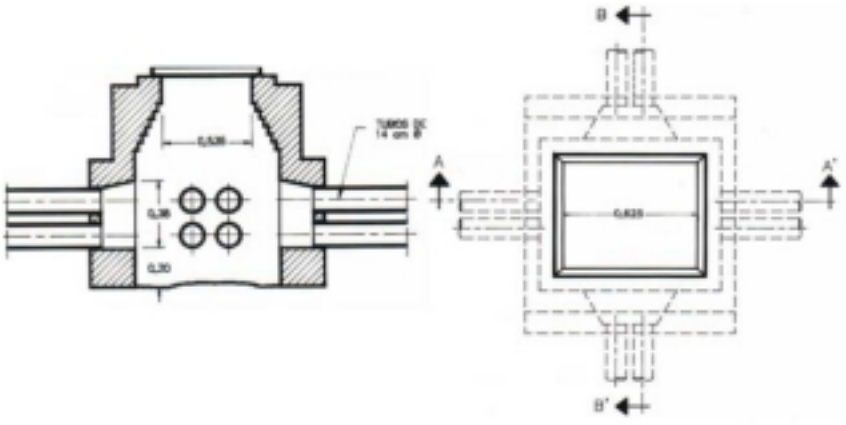


Figura 22 ARQUETA EN CORTE POR EL EJE AA' Y VISTA SUPERIOR

En caso de cruzamientos con carreteras, ferrocarriles, agua, gas, y otros cables ver la instrucción ITC-BT 07 apartado 2.2.1. y 2.2.2.

Las arquetas podrán ser rectangulares o redondeadas, evitándose colocar arquetas donde exista tránsito rodado, pero si es necesario se colocarán de marcos y tapas reforzadas

Galerías subterráneas

Se consideran dos tipos de galerías, las **registrables** y las **visitables** y **dentro de las visitables aquellas de más de 400 m de longitud.**

Son costosas, y, por tanto, se realizan solo cuando el gasto se compensa con alguna clase ventajas, para estos casos la **ITC-BT 07**, especifica en los apartado **2.1.3** y **2.1.4** las condiciones que deben de cumplir.

Después de este resumen comentado se inserta a continuación, íntegro, la instrucción **ITC-BT-06** e **ITC-BT-07**

Reglamento electrotécnico de BT

ITC-BT-06

ÍNDICE

1. MATERIALES
- 1.1 Conductores
- 1.1.1 Conductores aislados
- 1.1.2 Conductores desnudos
- 1.2 Aisladores
- 1.3 Accesorios de sujeción
- 1.4 Apoyos
- 1.5 Tirantes y tornapuntas

2. CÁLCULO MECÁNICO
- 2.1 Acciones a considerar en el cálculo
- 2.2 Conductores
- 2.2.1 Tracción máxima admisible
- 2.2.2 Flecha máxima
- 2.3 Apoyos

3. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES
- 3.1 Instalación de conductores aislados
- 3.1.1 Cables posados
- 3.1.2 Cables tensados
- 3.2 Instalación de conductores desnudos
- 3.2.1 Distancia de los conductores desnudos al suelo y zonas de protección de las edificaciones
- 3.2.2 Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones
- 3.3 Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos
- 3.4 Sección mínima del conductor neutro
- 3.5 Identificación del conductor neutro
- 3.6 Continuidad del conductor neutro
- 3.7 Puesta a tierra del neutro
- 3.8 Instalación de apoyos
- 3.9 Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos
- 3.9.1 Cruzamientos
- 3.9.2 Proximidades y paralelismos

4. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES POR LOS CONDUCTORES
- 4.1 Generalidades
- 4.2 Cables formados por conductores aislados con polietileno reticulado (XLPE), en haz, a espiral visible
- 4.2.1 Intensidades máximas admisibles
- 4.2.2 Factores de corrección
- 4.2.3 Intensidades máximas de cortocircuito admisible en los conductores de los cables
- 4.3 Conductores desnudos de cobre y aluminio
- 4.4 Otros cables u otros sistemas de Instalación

1. MATERIALES

1.1 Conductores

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas y serán preferentemente aislados

1.1.1 Conductores aislados

Los conductores aislados serán de tensión asignada no inferior a 0,6/1 KV tendrán un recubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie y deberán satisfacer las exigencias especificadas en la norma UNE 21.030.
La sección mínima permitida en los conductores de aluminio será de 16 mm^2, y en los de cobre de 10 mm^2. La sección mínima correspondiente a otros materiales será la que garantice una resistencia mecánica y conductividad eléctrica no inferiores a las que corresponden a los de cobre anteriormente indicados.

1.1.2 Conductores desnudos

Los conductores desnudos serán resistentes a las acciones de la intemperie y su carga de rotura mínima a la tracción será de 410 daN debiendo satisfacer las exigencias especificadas en las normas **UNE 21.012 o UNE 21.018** según que los conductores sean de Cobre o de Aluminio.

Se considerarán como conductores desnudos aquellos conductores aislados para una tensión nominal inferior a *0,6/1* KV.

Su utilización tendrá carácter especial debidamente justificado, excluyendo el caso de zonas de arbolado o con peligro de incendio.

1.2 Aisladores

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer la misma resistencia a los esfuerzos mecánicos y poseer el nivel de aislamiento de los aisladores de porcelana o vidrio.

La fijación de los aisladores a sus soportes se efectuará mediante roscado o cementación a base de sustancias que no ataquen ninguna de las partes, y que no sufran variaciones de volumen que puedan afectar a los propios aisladores o a seguridad de su fijación.

1.3 Accesorios de sujeción

Los accesorios que se empleen en las redes aéreas deberán estar debidamente protegidos contra la corrosión y envejecimiento, y resistirán los esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos, con un coeficiente de seguridad no inferior al que corresponda al dispositivo de anclaje donde estén instalados.

1.4 Apoyos

Los apoyos podrán ser metálicos, de hormigón, madera o de cualquier otro material que cuente con la debida autorización de la Autoridad competente, y se dimensionarán de acuerdo con las hipótesis de cálculo indicadas en el apartado 2.3 de la presente instrucción. Deberán presentar una resistencia elevada a las acciones de la intemperie, y en el caso de no presentarla por si mismos deberán recibir los tratamientos adecuados para tal fin.

1.5 Tirantes y tornapuntas

Los tirantes estarán constituidos por varillas o cables metálicos, debidamente protegidos contra la corrosión, y tendrán una carga de rotura mínima de 1.400 daN

Los tornapuntas, podrán ser metálicos, de hormigón, madera o cualquier otro material capaz de soportar los esfuerzos a que estén sometidos, debiendo estar debidamente protegidos contra las acciones de la intemperie.

Deberá restringirse el empleo de tirantes y tornapuntas.

2. CÁLCULO MECÁNICO

2.1 Acciones a considerar en el cálculo

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la red, cualquiera que sea su naturaleza, se efectuará con los supuestos de acción de las cargas y sobrecargas que a continuación se indican, combinadas en la forma y condiciones que se fijan en los apartados siguientes:

Como cargas permanentes se considerarán las cargas verticales debidas al propio peso de los distintos elementos: conductores, aisladores, accesorios de sujeción y apoyos.

Se considerarán las sobrecargas debidas a la presión del viento siguientes:

- Sobre conductores: 50 daN/m^2
- Sobre superficies planas: 100 daN/m^2
- Sobre superficies cilíndricas de apoyos: 70 daN/m^2

La acción del viento sobre los conductores no se tendrá en cuenta en aquellos lugares en que por la configuración del terreno, o la disposición de las edificaciones, actúe en el sentido longitudinal de la línea.

A los efectos de las sobrecargas motivadas por el hielo se clasificará el país en tres zonas:

-Zona A: La situada a menos de 500 m de altitud sobre el nivel del mar. No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.

- Zona B: La situada a una altitud comprendida entre 500 y 1000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor 180 d gramos por metro lineal, siendo d el diámetro del conductor en mm. En los cables en haz la sobrecarga se considerará de 60 d gramos por metro lineal, siendo d el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

- Zona C: La situada a una altitud superior a 1000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor 360 d gramos por metro lineal, siendo d el diámetro del conductor en mm. En los cables en haz la sobrecarga se considerará de 120 d gramos por metro lineal, siendo d el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

2.2 Conductores

2.2.1 Tracción máxima admisible

La tracción máxima admisible de los conductores no será superior a su carga de rotura dividida por 2,5 considerándolos sometidos a la hipótesis más desfavorable de las siguientes:

Zona A:

a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15º C.
b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento dividida por 3, a la temperatura de 0º C

Zona B y C:

a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15º C.
b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, a la temperatura de 0º C.

2.2.2 Flecha máxima

Se adoptará como flecha máxima de los conductores el mayor valor resultante de la comparación entre las dos hipótesis correspondientes a la zona climatológica que se considere, y una tercera hipótesis de temperatura (válida para las tres zonas), consistente en considerar los conductores sometidos a la acción de su propio peso y a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y las de servicio de la red. Esta temperatura no será interior a 50º C.

2.3 Apoyos

Para el cálculo mecánico de los apoyos se tendrán en cuenta las hipótesis indicadas en la Tabla 1, según la función del apoyo y de la zona.

Tabla 1. Cargas para el cálculo mecánico de los apoyos

Función del apoyo	ZONA A		ZONAS B Y C	
	Hipótesis del viento a la temperatura de 15 ° C	Hipótesis de temperatura a 0º C con 1/3 de viento	Hipótesis del viento a la temperatura de 15 ° C	Hipótesis de temperatura a 0° C con 1/3 de viento
Alineación	Cargas permanentes	Cargas permanentes Desecrilibrio de tracciones	Cargas permanentes	Cargas permanentes Desecrilibrio de tracciones
Ángulo	Cargas permanentes. Resultante de ángulo			
Estrellamiento	Cargas permanentes. 2/3 resultante	Cargas permanentes. Total resultante	Cargas permanentes. 2/3 resultante	Cargas permanentes. Total resultante
Fin de línea	Cargas permanentes. Tracción total de conductores			

Cuando los vanos sean inferiores a 15 m, las cargas permanentes tienen muy poca influencia, por lo que en general se puede prescindir de las mismas en el cálculo.

El coeficiente de seguridad a la rotura será distinto en función del material de los apoyos según la tabla 2.

Tabla 2. Coeficiente de seguridad a la rotura en función del material de los apoyos

COEFICIENTE DE SEGURIDAD A LA ROTURA	
Material de apoyo	Coeficiente
Metálico	1,5
Hormigón armado vibrado	2,5
Madera	3,5
otros materiales no metálicos	2,5
NOTA *En el caso de apoyos metálicos o de hormigón armado vibrado cuya resistencia mecánica se haya comprobado mediante ensayos en verdadera magnitud, los coeficientes de segundad podrán reducirse a 1,45 y 2 respectivamente*	

Cuando por razones climatológicas extraordinarias hayan de suponerse temperaturas o manguitos de hielo superiores a los indicados, será suficiente comprobar que los esfuerzos resultantes son inferiores al límite elástico

3. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

3.1 Instalación de conductores aislados

Los conductores dotados de envolventes aislantes, cuya tensión nominal sea inferior a 0,6/1 KV se considerarán, a efectos de su instalación, como conductores desnudos. (Apartado 3.2).

Los conductores aislados de tensión nominal 0,6/1 KV (UNE 21.030) podrán instalarse como:

3.1.1 Cables posados

Directamente posados sobre fachadas o muros, mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie. Los conductores se protegerán adecuadamente en aquellos lugares en que puedan sufrir deterioro mecánico de cualquier índole.

En los espacios vacios (cables no posados en fachada o muro) los conductores tendrán la condición de tensados y se regirán por lo indicado en el apartado 3.1.2.

En general deberá respetarse una altura mínima al suelo de 2,5 metros. Lógicamente, si se produce una circunstancia particular como la señalada en el párrafo anterior, la altura mínima deberá ser la señalada en los puntos 3.1.2 y 3.9 para cada caso en particular. En los recorridos por debajo de ésta altura mínima al suelo (por ejemplo, para acometidas) deberán protegerse mediante elementos adecuados, conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la **ITC-BT 11**, evitándose que los conductores pasen por delante de cualquier abertura existente en las fachadas o muros.

En las proximidades de aberturas en fachadas deben respetarse las siguientes distancias mínimas:
- Ventanas: 0,30 metros al borde superior do la abertura y 0,50 metros al borde inferior y bordes laterales de la abertura.
- Balcones: 0,30 metros al borde superior de la abertura y 1,00 metros a los bordes laterales del balcón.

Se tendrán en cuenta la existencia de salientes o marquesinas que puedan facilitar el posado de los conductores, pudiendo admitir, en éstos casos, una disminución de las distancias antes indicadas.

Así mismo se respetará una distancia mínima de 0,05 metros a los elementos metálicos presentes en las fachadas, tales como escaleras, a no ser que el cable disponga de una protección conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC-BT 11.

3.1.2 Cables tensados

Los cables con neutro fiador, podrán ir tensados entre piezas especiales colocadas sobre apoyos, fachadas o muros, con una tensión mecánica adecuada, sin considerar a éstos efectos el aislamiento como elemento resistente. Para el resto de los cables tensados se utilizarán cables fiadores de acero galvanizado, cuya resistencia a la rotura será, como mínimo, de 800 daN, y a los que se fijarán mediante abrazaderas u otros dispositivos apropiados los conductores aislados.

Distancia al suelo: 4 m, salvo lo especificado en el apartado 3.9 para cruzamientos.

3.2 Instalación de conductores desnudos

Los conductores desnudos irán fijados a los aisladores de forma que quede asegurada su posición correcta en el aislador y no ocasione un debilitamiento apreciable de la resistencia mecánica del mismo, ni produzcan efectos de corrosión.

La fijación de los conductores al aislador debe hacerse preferentemente, en la garganta lateral del mismo, por la parte próxima al apoyo, y en el caso de ángulos, de manera que el esfuerzo mecánico del conductor esté dirigido hacia el aislador.

Cuando se establezcan derivaciones, y salvo que se utilicen aisladores especialmente concebidos para ellas, deberá colocarse un sólo conductor por aislador.

Cuando se trate de redes establecidas por encima de edificaciones o sobre apoyos fijados a las fachadas, el coeficiente de seguridad de la tracción máxima admisible de los conductores deberá ser superior, en un 25 por ciento, a los valores indicados en el apartado 2.2.1

3.2.1 Distancia de los conductores desnudos al suelo y zonas de protección de las edificaciones

Los conductores desnudos mantendrán, en las condiciones más desfavorables, las siguientes distancias respecto al suelo y a las edificaciones:

3.2.1.1 Al suelo

4 m, salvo lo especificado en el apartado 3.9 para cruzamientos.

3.2.1.2 En edificios no destinados al servicio de distribución de la energía

Los conductores se instalarán fuera de una zona de protección, limitada por los planos que se señalan:

- Sobre los tejados: Un plano paralelo al tejado, con una distancia vertical de 1,80 m del mismo, cuando se trate de conductores no puestos a tierra, y de 1,50 m cuando lo estén; así mismo para cualquier elemento que se encontrase instalado, o que se instale en el tejado, se respetarán las mismas distancias que las indicadas en la figura 1 para las chimeneas.

  Cuando la inclinación del tejado sea superior a 45 grados sexagesimales, el plano limitante de la zona de protección deberá considerarse a 1 metro de separación entre ambos.

- Sobre terrazas y balcones: Un plano paralelo al suelo de la terraza o balcón, y a una distancia del mismo de 3 metros.

- En fachadas: La zona de protección queda limitada:

a) Por un plano vertical paralelo al muro de fachada sin aberturas, situado a 0.20 metros del mismo.

b) Por un plano vertical paralelo al muro de fachada a una distancia de 1 metro de las ventanas, balcones, terrazas o cualquier otra abertura. Este plano vendrá, a su vez, limitado por los planos siguientes:

- Un plano horizontal situado a una distancia vertical de 0,30 metros de la parte superior de la abertura de que se trate.
- Dos planos verticales, uno a cada lado de la abertura, perpendicular a la fachada, y situados a 1 metro de distancia horizontal de los extremos de la abertura.
- Un plano horizontal situado a 3 metros por debajo de los antepechos de las aberturas.

Los límites de ésta zona de protección se representan en la figura 1

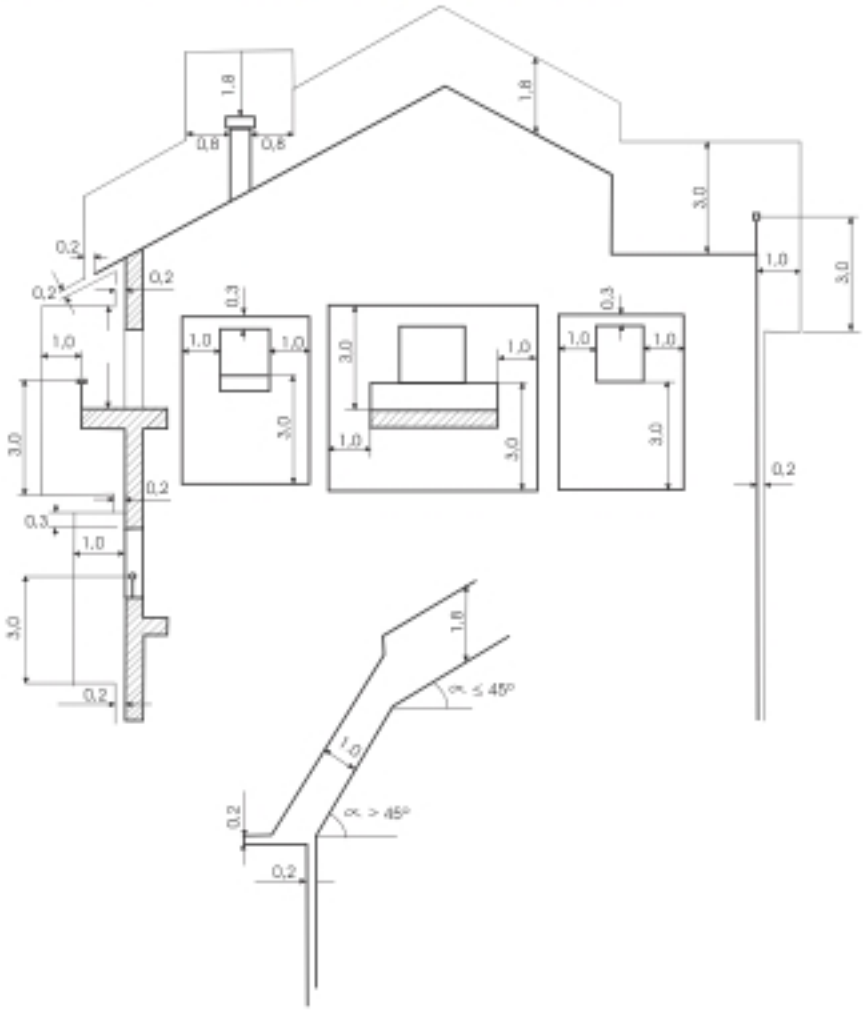


Figura 1. Zona de protección en edificios para la instalación de líneas eléctricas de baja tensión con conductores desnudos.

3.2.2 Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones

Las distancias (D) entre conductores desnudos de polaridades diferentes serán, como mínimo las siguientes:

- En vanos hasta 4 metros 0,10 m
- En vanos de 4 a 6 metros 0,15 m
- En vanos de 6 a 30 metros 0,20 m
- En vanos de 30 a 50 metros 0,30 m

Para vanos mayores de 50 m se aplicará la fórmula D=0,55 / F, en la que F es la flecha máxima en metros.

En los apoyos en los que se establezcan derivaciones, la distancia entre cada uno de los conductores derivados y los conductores de polaridad diferente de la línea de donde aquellos se deriven podrá disminuirse hasta un 50 por ciento de los valores indicados anteriormente, con un mínimo de 0,10 metros.

Los conductores colocados sobre apoyos sujetos a fachadas de edificios estarán distanciados de éstas 0,20 metros como mínimo. Esta separación deberá aumentarse en función de los vanos, de forma que nunca pueda sobrepasarse la zona de protección señalada en el capítulo anterior, ni en el caso de los más fuertes vientos.

3.3 Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos.

Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán utilizando piezas metálicas apropiadas, resistentes a la corrosión, y que aseguren un contacto eléctrico eficaz, de modo que en ellos, la elevación de temperatura no sea superior a la de los conductores.

Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del conductor, el 90 por ciento de su carga de rotura. No es admisible realizar empalmes por soldadura o por torsión directa de los conductores.

En los empalmes y conexiones de conductores aislados, o de éstos con conductores desnudos, se utilizarán accesorios adecuados, resistentes a la acción de la intemperie y se colocarán de tal forma que eviten la penetración de la humedad en los conductores aislados.

Las derivaciones se conectarán en las proximidades de los soportes de línea, y no originarán tracción mecánica sobre la misma.

Con conductores de distinta naturaleza, se tomarán todas las precauciones necesarias para obviar los inconvenientes que se derivan de sus características especiales, evitando la corrosión electrolítica mediante piezas adecuadas.

3.4 Sección mínima del conductor neutro

Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución la sección mínima del conductor neutro será:

a) Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
b) Con cuatro conductores: la sección de neutro será como mínimo, la de la tabla 1 de la ITC-BT-

07, con un mínimo de 10 mm^2 para cobre y de 16 mm^2 para aluminio.

En caso de utilizar conductor neutro de aleaciones de aluminio (por ejemplo ALMELEC), la sección a considerar será la equivalente, teniendo en cuenta las conductividades de los diferentes materiales.

3.5 Identificación del conductor neutro

El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. En las líneas de conductores desnudos se admite que no lleve identificación alguna cuando éste conductor tenga distinta sección o cuando esté claramente diferenciado por su posición.

3.6 Continuidad del conductor neutro

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que ésta interrupción sea realizada con alguno de los dispositivos siguientes:

a) Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omnipolar simultáneo), o que conecten el neutro antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.

b) Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas, y que sólo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en éste caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas éstas sin haberlo sido previamente el neutro.

3.7 Puesta a tierra del neutro

El conductor neutro de las líneas aéreas de redes de distribución de las compañías eléctricas se conectará a tierra en el centro de transformación o central generadora de alimentación en la forma prevista en el Reglamento sobre Condicione Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Además, en los esquemas de distribución tipo TT y NT, el conductor neutro y el de protección para el esquema TN-S, deberán estar puesto a tierra en otros puntos; y como mínimo una vez cada 500 metros de longitud de línea. Para efectuar ésta puesta a tierra se elegirán, con preferencia, los puntos de donde partan las derivaciones importantes.

Cuando, en los mencionados esquemas de distribución tipo, la puesta a tierra del neutro se efectúe en un apoyo de madera, los soportes metálicos de los aisladores correspondientes a los conductores de fase en éste apoyo estarán unidos al conductor neutro.

En las redes de distribución privadas, con origen en centrales de generación propia para las que se prevea la puesta a tierra del neutro, se seguirá lo especificado anteriormente para las redes de distribución de las compañías eléctricas.

3.8 Instalación de apoyos

Los apoyos estarán consolidados por fundaciones adecuadas o bien directamente empotrados en el terreno, asegurando su estabilidad frente a las solicitaciones actuantes y a la naturaleza del suelo. En su instalación deberá observarse:

1) Los postes de hormigón se colocarán en cimentaciones monolítica de hormigón.
2) Los apoyos metálicos serán cimentados en macizos de hormigón o mediante otros procedimientos avalados por la técnica (pernos, etc.). La cimentación deberá construirse de forma tal que facilite el deslizamiento del agua, y cubra, cuando existan, las cabezas de los pernos.
3) Los postes de madera se colocarán directamente retacados en el suelo, y no se empotrarán en macizos de hormigón. Se podrán fijar a bases metálicas o de hormigón por medio de elementos de unión apropiados que permitan su fácil sustitución, quedando el poste separado del suelo 0,15 m, como mínimo.

3.9 Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos

Las líneas eléctricas aéreas deberán cumplir las condiciones señaladas en los apartados 3.9.1. y 3.9.2 de la presente Instrucción.

3.9.1 Cruzamientos

Las líneas deberán presentar, en lo que se refiere a los vanos de cruce con las vías e instalaciones que se señalan, las condiciones que para cada caso se indican.

3.9.1.1 Con líneas eléctricas aéreas de alta tensión. De acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, la línea de baja tensión deberá cruzar por debajo de la línea de alta tensión.

La mínima distancia vertical "d" entre los conductores de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior, en metros. a:

$$d \geq 1{,}5 + \frac{U + L1 + L2}{100}$$

donde:
U = Tensión nominal, en KV, de la línea de alta tensión.
L1 = Longitud, en metros, entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de alta tensión.
L2 = Longitud, en metros, entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de baja tensión.

Cuando la resultante de los esfuerzos del conductor en alguno de los apoyos de cruce de baja tensión tenga componente vertical ascendente se tomarán las debidas precauciones para que no se desprendan los conductores, aisladores o accesorios de sujeción.

Podrán realizarse cruces sin que la línea de alta tensión reúna ninguna condición especial cuando la línea de baja tensión esté protegida en el cruce por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de alta tensión, en el caso de que éstos se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado, y estarán puestos a tierra.

En caso de que por circunstancias singulares sea necesario que la línea de baja tensión cruce por encima de la de alta tensión será preciso recabar autorización expresa del Organismo competente de la Administración, debiendo tener presentes, para realizar estos cruzamientos, todas las precauciones y criterios expuestos en el citado Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión

3.9.1.2 Con otras líneas eléctricas aéreas de baja tensión.

Cuando alguna de las líneas sea de conductores desnudos, establecidas en apoyos diferentes, la distancia entre los conductores más próximos de las dos líneas será superior a 0,50 metros, y si el cruzamiento se realiza en apoyo común esta distancia será la señalada en el punto 3.2.2 para los apoyos de derivación. Cuando las dos líneas sean aisladas podrán estar en contacto.

3.9.1.3 Con líneas aéreas de telecomunicación.

Las líneas de baja tensión, con conductores desnudos, deberán cruzar por encima de las de telecomunicación. Excepcionalmente podrán cruzar por debajo, debiendo adoptarse en este caso una de las soluciones siguientes:

- Colocación entre las líneas de un dispositivo de protección formado por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de telecomunicación en el caso de que se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado, y estarán puestos a tierra.
- Empleo de conductores aislados para 0,6/1 KV en el vano de cruce para líneas de baja tensión.
- Empleo de conductores aislados para 0,6/1 KV en el vano de cruce para la línea de telecomunicación.

Cuando el cruce se efectúe en distintos apoyos, la distancia mínima entre los conductores desnudos de las líneas de baja tensión y los de las líneas de telecomunicación, será de 1 metro. Si el cruce se efectúa sobre apoyos comunes dicha distancia podrá reducirse a 0,50 metros.

3.9.1.4 Con carretera y ferrocarriles sin electrificar.

Los conductores tendrán una carga de rotura no inferior a 410 daN, admitiéndose en el caso de acometidas con conductores aislados que se reduzca dicho valor hasta 280 daN

La altura mínima del conductor más bajo, en las condiciones de flecha más desfavorable, será de 6 metros.

Los conductores no presentarán ningún empalme en el vano de cruce, admitiéndose, durante la explotación, y por causa de reparación de la avería, la existencia de un empalme por vano.

3.9.1.5. Con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses

La altura mínima de los conductores sobre los cables o hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto será de 2 metros.

Además, en el caso de ferrocarriles, tranvías o trolebuses provistos de trole, o de otros elementos de toma de corriente que puedan, accidentalmente, separarse de la línea de contacto, los conductores de la línea eléctrica deberán estar situados a una altura tal que, al desconectarse el elemento de toma de corriente, no alcance, en la posición más desfavorable que pueda adoptar, una separación inferior a 0,30 metros con los conductores de la línea de baja tensión

3.9.1.6 Con teleféricos y cables transportadores.

Cuando la línea de baja tensión pase por encima, la distancia mínima entre los conductores y cualquier elemento de la instalación del teleférico será de 2 metros. Cuando la línea aérea de baja tensión pase por debajo está distancia no será inferior a 3 metros. Los apoyos adyacentes del teleférico correspondiente al cruce con la línea de baja tensión se pondrán a tierra.

3.9.1.7 Con ríos y canales navegables o flotables.

La altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel que puede alcanzar será de: H= G + 1 m, donde G es el gálibo

En el caso de que no exista gálibo definido se considerará éste igual a 6 metros.

3.9.1.8 Con antenas receptoras de radio y televisión.

Los conductores de la línea de baja tensión, cuando sean desnudos, deberán presentar, como mínimo, una distancia igual a 1 m con respecto a la antena en si, a sus tirantes y a sus conductores de bajada, cuando éstos no estén fijados a las paredes de manera que eviten el posible contacto con la línea de baja tensión.

Queda prohibida la utilización de los apoyos de sustentación de líneas de baja tensión para la fijación sobre los mismos de las antenas de radio o televisión, así como de los tirantes de las mismas.

3.9.1.9 Con canalizaciones de agua y gas

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m; Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Para líneas aéreas desnudas la distancia mínima será 1 m

3.9.2 Proximidades y paralelismos

3.9.2.1 Con líneas eléctricas aéreas de alta tensión.

Se cumplirá lo dispuesto en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta tensión, para evitar la construcción de líneas paralelas con las de alta tensión a distancias inferiores a 1,5 veces la altura del apoyo más alto entre las trazas de los conductores más próximos.

Se exceptúa de la prescripción anterior las líneas de acceso a centrales generadoras, estaciones transformadoras y centros de transformación. En estos casos se aplicará lo prescrito en los reglamentos aplicables a instalaciones de alta tensión. No obstante, en paralelismos con líneas de tensión igual o inferior a 66 KV no deberá existir una separación inferior a 2 metros entre los conductores contiguos de las líneas paralelas, y de 3 metros para tensiones superiores.

Las líneas eléctricas de baja tensión podrán ir en los mismos apoyos que las de alta tensión cuando se cumplan las condiciones siguientes:

- Los conductores de la línea de alta tensión tendrán una carga de rotura mínima de 480 daN, e irán colocados por encima de los de baja tensión.

- La distancia entre los conductores más próximos de las dos líneas será, por lo menos, igual a la separación de los conductores de la línea de alta tensión.

- En los apoyos comunes, deberá colocarse una indicación, situada entre las líneas de baja y alta tensión, que advierta al personal que ha de realizar trabajos en baja tensión de los peligros que supone la presencia de una línea de alta tensión en la parte superior.

- El aislamiento de la línea de baja tensión no será inferior al correspondiente de puesta a tierra de la línea de alta tensión.

3.9.2.2 Con otras líneas de baja tensión o de telecomunicación.

Cuando ambas líneas sean de conductores aislados, la distancia mínima será de 0,10 m

Cuando cualquiera de las líneas sea de conductores desnudos, la distancia mínima será de 1 m. Si ambas líneas van sobre los mismos apoyos, la distancia mínima podrá reducirse a 0,50 m. El nivel de aislamiento de la línea de telecomunicación será, al menos, igual al de la línea de baja tensión, de otra forma se considerará como línea de conductores desnudos.

Cuando el paralelismo sea entre líneas desnudas de baja tensión, las distancias mínimas son las establecidas en el apartado 3.2.2

3.9.2.3 Con calles y carreteras.

Las líneas aéreas con conductores desnudos podrán establecerse próximas a estás vías públicas, debiendo en su instalación mantener la distancia mínima de 6 m, cuando vuelen junto a las mismas en zonas o espacios de posible circulación rodada, y de 5 m en los demás casos. Cuando se trate de conductores aislados, esta distancia podrá reducirse a 4 metros cuando no vuelen junto a zonas o espacios de posible circulación rodada.

3.9.2.4 Con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses.

La distancia horizontal de los conductores a la instalación de la línea de contacto será de. 1,5 m, como mínimo.

3.9.2.5 Con zonas de arbolado.

Se utilizarán preferentemente cables aislados en haz; cuando la línea sea de conductores desnudos deberán tomarse las medidas necesarias para que el árbol y sus ramas, no lleguen a hacer contacto con dicha línea.

3.9.2.6 Con canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica o entre los cables desnudos y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m

Se deberá mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y se procurará que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

3.9.2.7 Con canalizaciones de gas

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica o entre los cables desnudos y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

4. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES POR LOS CONDUCTORES.

4.1 Generalidades

Las intensidades máximas admisibles que figuran en los siguientes apartados de esta Instrucción, se aplican a los cables aislados de tensión asignada de 0,6/1 KV y a los conductores desnudos utilizados en redes aéreas.

4.2 Cables formados por conductores aislados con polietileno reticulado (XLPE), en haz, a espiral visible

Satisfarán las exigencias especificadas en **UNE-21.030.**

4.2.1 Intensidades máximas admisibles

En las tablas 3, 4 y 5 figuran las intensidades máximas admisibles en régimen permanente, para algunos de estos tipos de cables, utilizados en condiciones normales de instalación.

Se definen como condiciones normales de instalación las correspondientes a un solo cable, instalado al aire libre, y a una temperatura ambiente de 40° C.

Para condiciones de instalación diferentes u otras variables a tener en cuenta, se aplicarán los factores de corrección definidos en el apartado 4.2.2.

4.2.1.1 Cables con neutro fiador de aleación de Aluminio Magnesio-Silicio (ALMELEC) para instalaciones de cables tensados

Tabla 3. Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40° C

Número de conductores por sección mm^2	Intensidad máxima A
1 x 25 Al/54,6 Alm	110
1 x 50 Al/54,6 Alm	165
3 x 25 Al/54,6 Alm	100
3 x 50 Al/54,6 Alm	150
3 x 95 Al/54,6 Alm	230
3 x 150 Al/80 Alm	305

4.2.1.2 Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados, o tensados con fiador de acero

Tabla 4. Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40° C

Número de conductores por sección mm^2	Intensidad máxima en A	
	Posadas sobre fachadas	Tendidas con fiador de acero
2 x 16 Al	73	81
2 x 25 Al	101	109
4 x 16 Al	67	72
4 x 25 Al	90	97
4 x 50 Al	133	144
3 x 95/50 Al	207	223
3 x 150/95 Al	277	301

Tabla 5. Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40° C

Número de conductores por sección mm^2	Intensidad máxima en A	
	Posadas sobre fachadas	Tendidas con fiador de acero
2 x 10 Cu	77	85
4 x 10 Cu	65	72
4 x 16 Cu	86	95

4.2.2 Factores de corrección

4.2.2.1 Instalación expuesta directamente al sol.

En zonas en las que la radiación solar es muy fuerte, se deberá tener en cuenta el calentamiento de la superficie de los cables con relación a la temperatura ambiente, por lo que en estos casos se aplica un factor de corrección 0,9 o inferior, tal como recomiendan las normas de la serie **UNE 20.435**

4.2.2.2 Factores de corrección por agrupación de varios cables.

En la tabla 6 figuran los factores de corrección de la intensidad máxima admisible, en caso de agrupación de varios cables en haz al aire. Estos factores se aplican a cables separados entre sí, una distancia comprendida entre un diámetro y un cuarto de diámetro en tendidos horizontales con cables en el mismo plano vertical.

Para otras separaciones o agrupaciones consultar la norma **UNE 21.144 -2-2**

Tabla 6. Factores de corrección de la intensidad máxima admisible en caso de agrupación de cables aislados en haz, instaladas al aire

Número de cables	1	2	3	más de 3
Factor de corrección	1,00	0,89	0,80	0,75

A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

4.2.2.3 Factores de corrección en función de la temperatura ambiente.

En la tabla 7 figuran los factores de corrección para temperaturas diferentes a 40º C.

Tabla 7. Factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables aislados en haz, en función de la temperatura ambiente

Temperatura ºC	20	25	30	35	40	45	50
Aislados con polietileno reticulado	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90

4.2.3 Intensidades máximas de cortocircuito admisible en los conductores de los cables.

En la tabla 8 y 9 se indican las intensidades de cortocircuito admisibles, en función de los diferentes tiempos de duración del cortocircuito.

Tabla 8. Intensidades máximas de cortocircuitos en KA para conductores de aluminio

Sección del conductor mm²	Duración del cortocircuito **s**								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
16	4,7	3,2	2,7	2,1	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
25	7,3	5,0	4,2	3,3	2,3	1,9	1,0	1,4	1,3
50	14,7	10,1	8,5	6,6	4,6	3,8	3,3	2,9	2,7
95	27,9	19,2	16,1	12,5	8,8	7,2	6,2	5,6	5,1
150	44,1	30,4	25,5	19,8	13,9	11,4	9,9	8,8	8,1

Tabla 9. Intensidades máximas de cortocircuitos en KA para conductores de cobre

Sección del conductor mm²	Duración del cortocircuitos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
10	4,81	3,29	2,70	2,11	1,52	1,26	1,11	1,00	0,92
16	7,34	5,23	4,29	3,35	2,40	1,99	1,74	1,57	1,44

4.3 Conductores desnudos de cobre y aluminio.

Las intensidades máximas admisibles en régimen permanente serán las obtenidas por aplicación de la tabla siguiente:

Tabla 10. Densidad de corriente en A/mm² para conductores desnudos al aire

Sección nominal mm²	Densidad de corriente A/mm²	
	Cobre	Aluminio
10	8,75	--
16	7,60	6,00
25	6,35	5,00
35	5,75	4,55
50	5,10	4,00
70	4,50	3,55
95	4,05	3,20
120	--	2,90
150	--	2,70

4.4 Otros cables u otros sistemas de instalación

Para cualquier otro tipo de cable o composiciones u otro sistema de instalación no contemplado en esta Instrucción, así como para cables que no figuran en la tablas anteriores, deberán consultarse las normas de la serie **UNE 20.435**, o calcularse según la norma **UNE 21.144**

ITC-BT-07

ÍNDICE

1. CABLES

2. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES
- 2.1 Instalación de cables aislados
- 2.1.1 Directamente enterrados
- 2.1.2 En canalizaciones entubadas
- 2.1.3 En galerías
- 2.1.4 En atarjeas o canales revisables
- 2.1.5 En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared
- 2.1.6 Circuitos con cables en paralelo
- 2.2 Condiciones generales para cruzamiento, proximidades y paralelismo
- 2.2.1 Cruzamientos
- 2.2.2 Proximidades y paralelismos
- 2.2.3 Acometidas (conexiones de servicio)
- 2.3 Puesta a tierra y continuidad del neutro

3. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES
- 3.1 Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables:
- 3.1.1 Temperatura máxima admisible
- 3.1.2 Condiciones de instalación enterrada
- 3.1.3 Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares
- 3.1.4 Condiciones de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales revisables)
- 3.2 Intensidades de cortocircuito admisibles en les conductores
- 3.3 Otros cables o sistemas de Instalación

1. CABLES

Los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre o de aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán, además, debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 Kv, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-HD 603. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm^2 para conductores de cobre y a 16 mm^2 para los de aluminio.

Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será;

5. Con dos o tres conductores: Igual a la de los conductores de fase.

6. Con cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 1

Tabla 1. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase.

Conductores fase mm^2	Sección neutro mm^2
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

2. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

2.1 Instalación de cables aislados

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas de fachadas y bordillos. Asimismo, deberá tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

Los cables aislados podrán instalarse de cualquiera de las maneras indicada a continuación:

2.1.1 Directamente enterrados

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes, tales como las establecidas en el apartado 2.1.2. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones que se establecen en el apartado 2.2 de la presente instrucción así lo exijan.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc.. . En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.
- Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m
- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

2.1.2 En canalizaciones entubadas

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.2.4 de la **ITC-BT-21**. No se instalará más de un circuito por tubo.
Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

2.1.3 En galerías

Se consideran dos tipos do galería, la galería visitables, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personas, y la galería registrable, o zanja prefabricada, en la que no está prevista la circulación de personas y dónde las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.

Las galerías serán de hormigón armado o de otros materiales de rigidez, estanqueidad y duración equivalentes. Se dimensionarán para soportar la carga de tierras y pavimentos situados por encima y las cargas del tráfico que correspondan.

2.1.3.1 Galerías visitables

Limitación de servicios existentes

Las galerías visitables se usarán, preferentemente, para instalaciones eléctricas de potencia, cables de control y telecomunicaciones. En ningún caso podrán coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas.

Tampoco es recomendable que existan canalizaciones de agua aunque en aquellos casos en que sea necesario, las canalizaciones de agua se situarán a un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable, que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota del alcantarillado, o de la canalización de saneamiento en que evacua.

Condiciones generales

Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 m de anchura mínima y 2 m de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones. En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de las canalizaciones como la seguridad de circulación de las personas.

Los accesos a la galería deben quedar cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida de las que estén en su inferior. Deberán disponerse accesos en las zonas extremas de las galerías. La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve 6 veces por hora, para evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad, y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40º C.

Los suelos de las galerías serán antideslizantes y deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.
Las empresas utilizadoras tomarán las disposiciones oportunas para evitar la presencia de roedores en las galerías.

Disposición e identificación de los cables

Es aconsejable disponer los cables de distintos servicios y de distintos propietarios sobre soportes diferentes y mantener entre ellos unas distancias que permitan su correcta instalación y mantenimiento. Dentro de un mismo servicio debe procurarse agruparlos por tensiones (por ejemplo, en uno de los laterales se instalarán los cables de baja tensión, control, señalización, etc., reservando el otro para los cables de alta tensión).

Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás. Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.

Una vez instalados, todos los cables deberán quedar debidamente señalizados e identificados. En la identificación figurará, también, la empresa a quién pertenecen.

Sujeción de los cables

Los cables deberán estar fijados a las paredes o a estructuras de la galería mediante elementos de sujeción (regletas, ménsulas, bandejas, baldas, etc.) para evitar que los esfuerzos electrodinámicos que pueden presentarse durante la explotación de las redes de baja tensión, puedan moverlos o deformarlos.

Estos esfuerzos, en las condiciones más desfavorables previsibles, servirán para dimensionar la resistencia de los elementos de sujeción, así como su separación. En el caso de cables unipolares agrupados en mazo, los mayores esfuerzos electrodinámicos aparecen entre fases de una misma línea, como fuerza de repulsión de una fase respecto a las otras. En este caso pueden complementarse las sujeciones de los cables con otras que mantengan unido el mazo.

Equipotencialidad de masas metálicas accesibles

Todos los elementos metálicos para sujeción de los cables (bandejas, soportes, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles a las personas que transitan por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente al conductor de tierra de la galería.

Galerías de longitud superior a 400 m

Las galerías de longitud superior a 400 m, además de las disposiciones anteriores, dispondrán de:

a) Iluminación fija en su interior
b) Instalaciones fijas de detección de gases tóxicos, con una sensibilidad mínima de 300 ppm.
c) Indicadores luminosos que regulen el acceso en las entradas.
d) Accesos de personas cada 400 m, como máximo.
e) Alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias exteriores.
f) Tabiques de sectorización contra incendios (RF12O) según **NBE-CPI-96**
g) Puertas cortafuegos (RF 90) según **NBE-CPI-96**

2.1.3.2 Galerías o zanjas registrables

En tales galerías se admite la instalación de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación. No se admite la existencia de canalizaciones de gas. Sólo se admite la existencia de canalizaciones de agua, si se puede asegurar que en caso de fuga, el agua no afecte a los demás servicios (por ejemplo, en un diseño de doble cuerpo, en el que en un cuerpo se dispone una canalización de agua, y en el otro cuerpo, estanco respecto al anterior cuando tiene colocada la tapa registrable, se disponen los cables de baja tensión, de alta tensión, de alumbrado público, semáforos, control y comunicación).

Las condiciones de seguridad más destacables que deben cumplir este tipo de instalación son:

- estanqueidad de los cierres, y
- buena renovación de aire en el cuerpo ocupado por los cables eléctricos, para evitar acumulaciones de gas y condensación de humedades, y mejorar la disipación de calor

2.1.4 En atarjeas o canales revisables

En ciertas ubicaciones con acceso restringido a personas adiestradas, como puede ser, en el interior de industrias o de recintos destinados exclusivamente a contener instalaciones eléctricas, podrán utilizarse canales de obra con tapas (que normalmente enrasan con el nivel del suelo) manipulables a mano.

Es aconsejable separar los cables de distintas tensiones (aprovechando el fondo y las dos paredes). Incluso, puede ser preferible utilizar canales distintos.

El canal debe permitir la renovación del aire. Sin embargo, si hay canalizaciones de gas cercanas al canal, existe el riesgo de explosión ocasionado por eventuales fugas de gas que lleguen al canal. En cualquier caso, el proyectista debe estudiar las características particulares del entorno y justificar la solución adoptada.

2.1.5 En bandelas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared

Normalmente, este tipo de instalación sólo se empleará en Subestaciones u otras instalaciones eléctricas y en la parte inferior de edificios, no sometida a la intemperie, y en donde el acceso quede restringido al personal autorizado. Cuando las zonas por las que discurra el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

2.1.6 Circuitos con cables en paralelo

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor se podrá instalar más de un conducto por fase, según los siguientes criterios:

- emplear conductores del mismo material, sección y longitud.
- los cables se agruparán al tresbolillo, en ternas dispuestas en uno o varios niveles, por ejemplo:
- tres ternas en un nivel: $R^{S}T$, $T^{S}R$, $R^{S}T$
- tres temas apiladas en tres niveles $R^{S}T$

$T^{S}R$

$R^{S}T$

2.2 Condiciones generales para cruzamiento, proximidades y paralelismo

Los cables subterráneos, cuando estén enterrados directamente en el terreno, deberán cumplir, además de los requisitos reseñados en el presente punto, las condiciones que pudieran imponer otros Organismos Competentes, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de baja tensión.

Los requisitos señalados en este punto no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías, en canales, en bandejas, en soportes, en palomillas o directamente sujetos a la pared. En estos casos, la disposición de los cables se hará a criterio de la empresa que los explote: sin embargo, para establecer las intensidades admisibles en dichos cables no deberán aplicar los factores de corrección definidos en el apartado 3.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras "topo" de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena, en estos casos se prescindirá del diseño de zanja descrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. Su instalación precisa zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar para la ubicación de la maquinaria.

2.2.1 Cruzamientos

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados.

Calles y carreteras

Los cables se colocarán en el inferior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21 recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

Ferrocarriles

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21 recubiertos de hormigón y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

Otros cables de energía eléctrica

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurran por encima de los alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Cables de telecomunicación

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0.20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

Canalizaciones de agua y gas

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Conducciones de alcantarillado

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el aparatado 2.1.2.

Depósitos de carburante

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado 2.1.2. y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

2.2.2 Proximidades y paralelismos

Los cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Otros cables de energía eléctrica

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetar estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable Instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

En el caso de que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de baja tensión, podrá instalarlos a menor distancia, incluso en contacto.

Cables de telecomunicación

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Canalizaciones de gas

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será do 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal. Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

2.2.3 Acometidas (conexiones de servicio)

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente encerrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad adecuada.

2.3 Puesta a tierra y continuidad del neutro

La puesta a tierra y continuidad del neutro se atendrá a lo establecido en los capítulos 3.6 y 3.7 de la ITC-BT-06

3. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES

3.1 Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables:

En las tablas que siguen se dan los valores indicados en la Norma **UNE-20.435**

En la tabla 2 se dan las temperaturas máximas admisibles en el conductor según los tipos de aislamiento.

En las tablas 3, 4 y 5 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación enterrada indicadas en el apartado 3.1.2.1. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.2.2 se aplicarán los factores de corrección que correspondan según las tablas 6 a 9. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

En las tablas 10, 11 y 12 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación al aire indicadas en el apartado 3.1.4.1. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.4.2 se aplicarán los factores de corrección que corresponda, tablas 13 a 15. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

3.1.1 Temperatura máxima admisible

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislamiento pueda soportar sin alteraciones de sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas. Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

En la tabla 2 se especifican, con carácter informativo, las temperaturas máximas admisibles, en servicio permanente y en cortocircuito, para algunos tipos de cables aislados con aislamiento seco.

Tabla 2. Cables aislados con aislamiento seco; **temperatura máxima**, en °C, asignada al conductor.

Tipo de Aislamiento seco	Temperatura máxima °C	
	Servicio permanente	Cortocircuito t # 5 s
Policloruro de vinilo (PVC) S # 300 mm² s >300 mm²	70 70	160 140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno Propileno (EPR)	90	250

3.1.2 Condiciones de instalación enterrada

3.1.2.1 Condiciones tipo de instalación enterrada

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera la siguiente instalación tipo:

Un solo cable tripolar o Tretapolar o una terna de cables unipolares en contacto mutuo, o un cable bipolar o dos cables unipolares en contacto mutuo, directamente enterrados en toda su longitud en una zanja de 0,70 m de profundidad, en un terreno de resistividad térmica media de 1 K.m/W y temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad, de 25° C.

Tabla 3. Intensidad máxima admisible en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro concéntrico de cobre, en **instalación enterrada** (servicio permanente).

CABLES	Sección nominal de los conductores (mm^2)	Intensidad
3 x 50 Al+16 Cu	50	160
3 x 95 Al+30 Cu	95	235
3 x 150 Al+50 Cu	150	305
3 x 240 Al+80 Cu	240	395

- Temperatura máxima en el conductor: 90º C.
- Temperatura del terreno: 25º C.
- Profundidad de instalación: 0,70 m
- Resistividad térmica del terreno: 1 K.m/W

Tabla 4. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con **conductores de aluminio** en instalación **enterrada**. (servicio permanente)

SECCIÓN NOMINAL mm²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o Tretapolar (3)		
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	-	-	-
630	690	680	600	-	-	-

Tipo de aislamiento

XLPE - Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90° C (servicio permanente).
EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90º C (servicio permanente).
PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70º C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25º C.
Profundidad de instalación 0,70 m
Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W.

a) Incluye el conductor neutro, si existe.
b) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.
c) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o Tretapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

Tabla 5. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con **conductores de cobre** en instalación **enterrada** (servicio permanente).

SECCIÓN NOMINAL mm²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o Tretapolar (3)		
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tipo de aislamiento:
XLPE -Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90º C (servicio permanente).
EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90º C (servicio permanente).
PVC - Policloruro de vinilo Temperatura máxima en el conductor 70º C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25º C.
Profundidad de instalación 0,70 m
Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W.

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.
(2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.
(3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o Tretapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1.225.

3.1.2.2 Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible.

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación enterrada cuyas características se han especificado en los apartados 2.1.1 y 3.1.2.1, deberán corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada, no de lugar a una temperatura en el conductor superior a la prescrita en la tabla 2.

A continuación se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los factores de corrección a aplicar.

3.1.2.2.1 Cables enterrados en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25º C.

En la tabla 6 se indican los factores de corrección, **F**, de la intensidad admisible para temperaturas del terreno Θ_t, distintas de 25º C, en función de la temperatura máxima de servicio Θ_s, de la tabla 2.

Tabla 6. Factor de corrección **F**, para temperatura del terreno distinto de 25º C

Temperatura de servicio Θ_s (ºC)	Temperatura del terreno, Θ_t en ºC								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1.11	1.07	1.04	1	0.96	0.92	0.88	0.83	0.70
70	1.15	1.11	1.05	1	0.94	0.08	0.82	0.75	0.67

El factor de corrección para otras temperaturas del terreno, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\Theta_s - \Theta_t}{\Theta_s - 25}}$$

3.1.2.2.2 Cables enterrados, directamente o en conducciones, en terreno de resistividad térmica distinta de 1 K.m/W.

En la tabla 7 se indican, para distintas resistividades térmicas del terreno, los correspondientes factores de corrección de la intensidad admisible.

Tabla 7 Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 K.m/W.

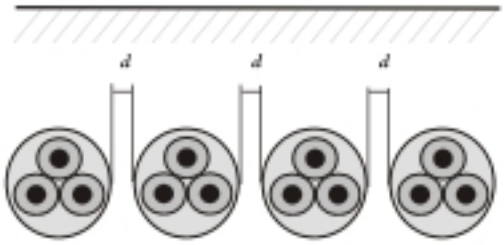
Tipo de cable	Resistividad térmica del terreno, en K.m/W										
	0.80	0.85	0.90	1	1.10	1.20	1.40	1.65	2.00	2.50	2.80
Unipolar	1.09	1.06	1.04	1	0.96	0.93	0.87	0.81	0.75	0.68	0.66
Tripolar	1.07	1.05	1.03	1	0.97	0.94	0.89	0.84	0.78	0.71	0.69

3.1.2.2.3 Cables tripolares o tetrapolares o ternas de cables unipolares agrupádos bajo tierra.

En la tabla 8 se indican los factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o ternas de unipolares y la distancia entre ellos.

Tabla 8. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares.

Separación entre los cables o ternas	Factor de corrección							
	Número de cables o ternas de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
D=0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d= 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,50
d= 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d= 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d= 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d= 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62



3.1.2.2.4 Cables enterrados en zanja a diferentes profundidades.

En la tabla 9 se indican los factores de corrección que deben aplicarse para profundidades de instalación distintas de 0,70 m

Tabla 9. Factores de corrección para diferentes profundidades de instalación.

Profundidad de instalación (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,80	0,90	1,00	1,20
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97	0.95

3.1.3 Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares.

En este tipo de instalaciones es de aplicación todo lo establecido en el apartado 3.1.2, además de lo indicado a continuación.

Se instalará un circuito por tubo. La relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del circuito será superior a 2, pudiéndose aceptar excepcionalmente 1,5.

En el caso de una línea con cable tripolar o con una terna de cables unipolares en el interior de un mismo tubo, se aplicará un factor de corrección de 0,8.

Si se trata de una línea con cuatro cables unipolares situados en sendos tubos, podrá aplicarse un factor de corrección de 0,9.

Si se trata de una agrupación de tubos, el factor dependerá del tipo de agrupación y variará para cada cable según esté colocado en un tubo central o periférica. Cada caso deberá estudiarse individualmente.

En el caso de canalizaciones bajo tubos que no superen los 15 m, si el tubo se rellena con aglomerados especiales no será necesario aplicar factor de corrección de intensidad por este motivo.

3.1.4 Condiciones de instalación al aire (en galerías. zanjas registrables, atarjeas o canales revisables)

3.1.4.1 Condiciones tipo de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, etc.).

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera la siguiente instalación tipo:

Un solo cable tripolar o tetrapolar o una terna de cables unipolares en contacto mutuo, con una colocación tal que permita una eficaz renovación del aire, siendo la temperatura del medio ambiente de 40º C. Por ejemplo, con el cable colocado sobre bandejas o fijado a una pared, etc.

Tabla 10. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con **conductores de aluminio** y con conductor neutro concéntrico de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas.

Cables	Sección nominal de los conductores (mm^2)	Intensidad
3 x 50 Al+16 Cu	50	125
3.x 95 Al+ 30 Cu	95	195
3 x 50 Al+50 Cu	150	260
3 x 240 Al+80 Cu	240	380

- Temperatura máxima en el conductor: 90º C.
- Temperatura del aire ambiente: 40º C.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

Tabla 11. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con **conductores de aluminio** en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40º C)

Sección nominal mm²	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	67	65	55	64	63	51
25	93	90	75	85	82	68
35	115	110	90	105	100	82
50	140	135	115	130	125	100
70	180	175	145	165	155	130
95	220	215	180	205	195	160
120	260	255	215	235	225	185
150	300	290	245	275	260	215
185	350	345	285	315	300	245
240	420	400	340	370	360	290
300	480	465	390	425	405	335
400	560	545	455	505	475	385
500	645	625	520	--	--	--
630	740	715	600	--	--	--

– Temperatura del aire: 40º C
7. Un cable trifásico al aire o un conjunto (terna) de cables unipolares en contacto mutuo.
h) Disposición que permita una eficaz renovación del aire.
(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

Tabla 12. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con **conductores de cobre** en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40º C)

Sección nominal mm²	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	--	--	--
630	950	915	765	--	--	--

i) Temperatura del aire: 40º C
– Un cable trifásico al aire o un conjunto (terna) de cables unipolares en contacto mutuo.
– Disposición que permita una eficaz renovación del aire.
(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

3.1.4.2 Condiciones especiales de instalación al aire en galerías ventiladas y factores de corrección de la intensidad admisible.

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación al aire en galerías ventiladas cuyas características se han especificado en el apartado 3.1.4.1, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no de lugar a una temperatura en el conductor, superior a la prescrita en la tabla 2.

A continuación se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los coeficientes de corrección a aplicar.

3.1.4.2.1 Cables instalados al aire en ambientes de temperatura distinta de 40º C.

En la tabla 13 se indican los factores de corrección **F**, de la intensidad admisible para temperaturas del aire ambiente, Θ_a, distintas de 40º C, en función de la temperatura máxima de servicio Θ_S en la tabla 2.

Tabla 13. Coeficiente de corrección **F** para temperatura ambiente distinta de 40º C

Temperatura de servicio Θ_S en ° C	Temperatura ambiente, Θ_a en ° C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1	0.95	0.90	0.84	0.77
70	1.41	1.35	1.29	1.22	1.15	1.08	1	0.91	0.81	0.71	0.58

El factor de corrección para otras temperaturas, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\Theta_S - \Theta_a}{\Theta_S - 40}}$$

3.1.4.2.2 Cables instalados al aire en canales o galerías pequeñas.

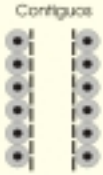
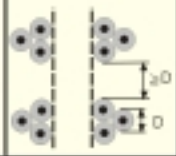
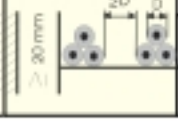
Se observa que en ciertas condiciones de instalación (en canalillos, galerías pequeñas, etc...), en los que no hay una eficaz renovación de aire, el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura del aire.

La magnitud de este aumento depende de muchos factores y debe ser determinada en cada caso como una estimación aproximada. Debe tenerse en cuenta que el incremento de temperatura por este motivo puede ser del orden de 15 K. La intensidad admisible en las condiciones de régimen deberá, por tanto, reducirse con los coeficientes de la tabla 13.

3.1.4.2.3 Grupos de cables instalados al aire.

En las tablas 14 y 15 se dan los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares en función del tipo de instalación y número de circuitos.

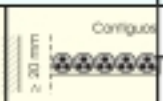
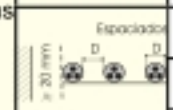
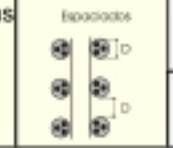
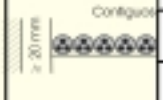
Tabla 14. Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire.

Tipo de Instalación		Nº de bandejas	Nº de circuitos trifásicos (2)			A utilizar para (1):
			1	2	3	
Bandejas perforadas (3)		1	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,85	0,80	
		3	-	0,85	0,80	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	0,95	0,85	-	Tres cables en capa vertical
		2	0,90	0,85	-	
Bandejas escalera, soportes, etc. (3)		1	1,00	0,95	0,95	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,90	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas perforadas (3)		1	1,00	1,00	0,95	Tres cables dispuestos en árbol
		2	0,95	0,95	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	1,00	0,90	0,90	
		2	1,00	0,90	0,85	
Bandejas escalera, soportes, etc. (3)		1	1,00	1,00	1,00	
		2	0,95	0,95	0,95	
		3	0,95	0,95	0,90	

NOTAS:

(1) Incluye, además, el conductor neutro, si existiese.
(2) Para circuitos con varios cables en paralelo por fase, a los efectos de la aplicación de esta tabla, cada grupo de tres conductores se considera como un circuito.
(3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
(4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

Tabla 15. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos.

Tipo de Instalación		Nº de circuitos trifásico (1)						
		Nº de bandejas	1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas (2)		1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
		2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
		1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	--
		2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	--
		3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	--
Bandejas verticales perforadas (3)		1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
		2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70
		1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	--
		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	--
Bandejas escalera, soportes, etc. (2)		1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
		2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	--
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	--
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	--

NOTAS:

(1) Incluye, además, el conductor neutro, si existiese.
(1) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
(2) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

3.2 Intensidades de cortacircuito admisibles en los conductores

En las tablas 16 y 17 se indican las densidades de corriente de cortocircuito admisibles en los conductores de aluminio y de cobre de los cables aislados con diferentes materiales en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

Tabla 16. Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2, para conductores de aluminio.

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
XLPE y EPR	294	203	170	132	93	76	66	59	54
PVC Sección #300 mm^2 Sección >300 mm^2	 237 211	 168 150	 137 122	 106 94	 75 67	 61 54	 53 47	 47 42	 43 39

Tabla 17 Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2, para conductores de cobre.

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
XLPE y EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82
PVC Sección #300 mm^2 Sección >300 mm^2	 364 322	 257 228	 210 186	 163 144	 115 102	 94 83	 81 72	 73 64	 66 59

3.3 Otros cables o sistemas de instalación

Para cualquier otro tipo de cable u otro sistema no contemplados en esta Instrucción, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberá consultarse la norma **UNE 20.435** o calcularse según la norma **UNE 21.144.**

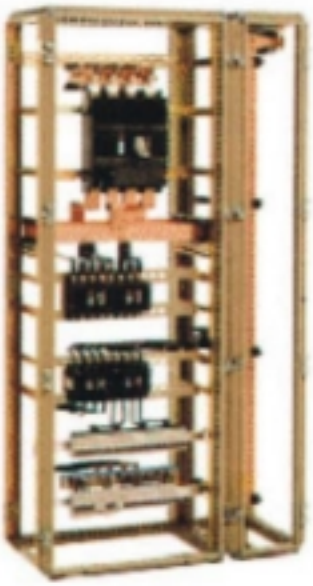
CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso Virtual

Electricidad industrial

Módulo 1
Equipos e instalaciones de distribución
y suministros de energía en Baja Tensión

Tema 4
Materiales y equipos eléctricos



Tema 4

Materiales y equipos eléctricos

Índice

1 Generalidades ... 1
2 Medidas de protección ... 2
3 Cuadro general de protección ... 2
4 Protección de las instalaciones ... 3
5 Interruptores automáticos ... 3
6 Protección contra sobrecarga y cortacircuitos ... 5
7 Interruptor diferencial ... 6
Distintos tipos de interruptor diferencial ... 7
8 Protección contra las sobretensiones ... 8
Situación natural ... 8
Situación contralada ... 9
9 Instalación interior o receptora ... 10
10 Identificación de los conductores ... 11
11 Sección del conductor de protección ... 11
12 Sección del conductor neutro ... 11
Acometida ... 12
Instalación de enlace ... 12
14 Esquema instalación de contadores ... 14
Para un solo usuario ... 14
Para dos usuarios alimentados desde un mismo lugar ... 15
Colocación de contadores en forma concentrada en un lugar ... 16
Colocación de contadores en forma concentrada más de un lugar ... 17
15 Normas particulares de la compañía de suministro en baja tensión ... 18
16 La baja tensión en España ... 19
Corriente alterna ... 19
Corriente continua ... 19
Alta tensión ... 20
Líneas aéreas desnudas ... 21
Tensiones superiores a 230 V en las viviendas ... 21
17 Aparatos de protección de las redes ... 22
18 Dispositivos fusibles ... 22
Base del fusible ... 22
Portafusible ... 23
Fusible ... 24
19 Cartuchos fusibles comerciales ... 26
Fusibles domésticos ... 26
Fusibles industriales ... 27
Fusibles de alto poder de ruptura ... 28
20 Fusible seccionador ... 31
Homologación ... 32
21 Elección de la intensidad de corriente de los fusibles ... 32
22 Comprobación de fusibles ... 33
23 Protección magnetotérmica ... 38
Acción térmica ... 38
Acción magnética ... 39
24 Distintas versiones de magnetotérmicos ... 41
División de versiones por el número de polos ... 41
25 Diferente actuación de los magnetotérmicos ... 44
División de versiones por la curva de disparo ... 44
26 Protección diferencial ... 48
27 Interruptores combinados ... 51
28 Otras versiones de diferenciales ... 52
29 Nueva generación de protección diferencial ... 55

Tema 4

Materiales y equipos eléctricos

1. GENERALIDADES

Se entiende por **equipo eléctrico** al conjunto de aparatos y **materiales** utilizados en circuitos asociados en prevención de un fin particular: **producción**, **conversión**, **transformación**, **transmisión**, **distribución** o **utilización** de la energía eléctrica. (Artículo 3 del Reglamento de Baja Tensión)

Las condiciones técnicas y **garantías que deben reunir las instalaciones** eléctricas se establecen de forma que:
Preserven la **seguridad de las personas y los bienes**. **Asegurar** el **normal funcionamiento** de las instalaciones y **prevenir las perturbaciones** en otras instalaciones. Así como **contribuir a la fiabilidad técnica y eficiencia económica de las instalaciones**. (Articulo 1 del Reglamento de Baja Tensión)

En relación a estos riesgos, las instalaciones deberán ser realizadas únicamente por **instaladores autorizado**. (Articulo 18 del Reglamento de Baja Tensión)

Los **materiales y equipos utilizados** en las instalaciones deberán ser utilizados **en la forma** y para la **finalidad que fueron fabricados debiendo marcarse con las siguientes indicaciones mínimas:**

a) Identificación del **fabricante**
b) **Marca y modelo**
c) **Tensión y potencia** (o intensidad)
d) cualquier otra indicación referente al **uso específico del material o equipo**, asignado por el fabricante
(Artículo 6 del Reglamento de Baja Tensión)

Los materiales y equipos de los Estados miembros de la Unión Europea o del Espacio Económico Europeo deberán ser aceptados para comercialización siempre que vengan certificados con normas reconocidas en dichos Estados.
(Artículo 25 del Reglamento de Baja Tensión)

2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Todos los circuitos eléctricos deberán estar protegidos contra los efectos que puedan presentarse, interrumpiendo este circuito en un tiempo conveniente. **Las clases de protección son las siguientes:**

1. Protección **contra sobreintensidades**
2. Protección **contra sobretensiones**
3. **Prevención de contactos directos**
4. **Prevención contra contactos indirectos**

3. CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN

Lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local o vivienda del usuario, se establecerá una caja para el **I**nterruptor de **C**ontrol de **P**otencia, inmediatamente **antes de los demás dispositivos en compartimiento independiente y precintable**. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección (ITC-BT 17.1*)* de donde partirán los **circuitos interiores** (Ver figura 1). Estos dispositivos de **cada circuito podrán instalarse en cuadros separados y en otros lugares**.
Cuando el local sea de pública concurrencia deberá tomarse las precauciones necesarias para que los dispositivos de mando y protección **no sean accesibles al público**.

Figura 1 CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDA CON **ICP**, **DIFERENCIAL**, Y **PIAs**

En viviendas los dispositivos de mando y protección se colocarán **entre 1,4 y 2 m** del nivel del suelo.

Cuando se trate de local de pública concurrencia la altura mínima desde el suelo será de **1 m**

4. PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Los dispositivos **generales** e **individuales** de **mando y protección** serán, como mínimo:

- Un **I**nterruptor **G**eneral **A**utomático (**IGA**), que proteja contra sobrecarga y cortocircuito. Este interruptor será **independiente del ICP**.
- Un **I**nterruptor **D**iferencial general (**ID**), destinado a la protección contra contactos indirectos.
- Dispositivo de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecarga y cortacircuitos de cada uno de los circuitos (**PIA**).
- Dispositivo de **P**rotección contra **S**obretensiones
- **En compartimento aparte y precintable** un **I**nterruptor de **C**ontrol de **P**otencia según la tarifa a aplicar (ITC-BT 17, 1.2.)

(Ver figura 2)

Nota:

Se dice que un circuito tiene **sobrecarga**, cuando consume **más amperios de lo que puede soportar el cable** que lo alimenta. Se llama **cortacircuito** cuando de une directamente la fase con el neutro sin resistencia alguna y su **intensidad de corriente alcanza valores desorbitados**, capaz de producir por **efecto Joule** un incendio.

5. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Son interruptores que se conectan y desconectan manualmente; pero, que actúan de forma automática cuando se produce una sobrecarga. Actúan por **efecto Joule en el caso de sobrecarga**, o por **efecto magnético cuando se produce un cortocircuito**. Por esta razón se llaman **Interruptores magnetotérmicos**, también se le dan otros nombres como **PIA** (**P**equeño **I**nterruptor **A**utomático), o simplemente **Automático**. A veces, se le designa **mal** haciendo un diminutivo de su nombre y llamándole **térmico**. El térmico es otro componente **distinto y de uso diferente**, por lo que **no es admisible la denominación de térmico**.

Los **interruptores automáticos** tiene distintas misiones en la protección de una instalación eléctrica y dependiendo de esta misión reciben nombre diferente, (ICP, Magnetotérmico, curva B, curva C, etc.) teóricamente su forma de actuación es similar, pero **unos actúan antes que otros** dependiendo de la cantidad de corriente sobrepasada en su intensidad nominal de trabajo.

En la figura 2 se muestra el esquema de la protección eléctrica de una vivienda conforme a lo descrito en el párrafo 4. Protección de las instalaciones.

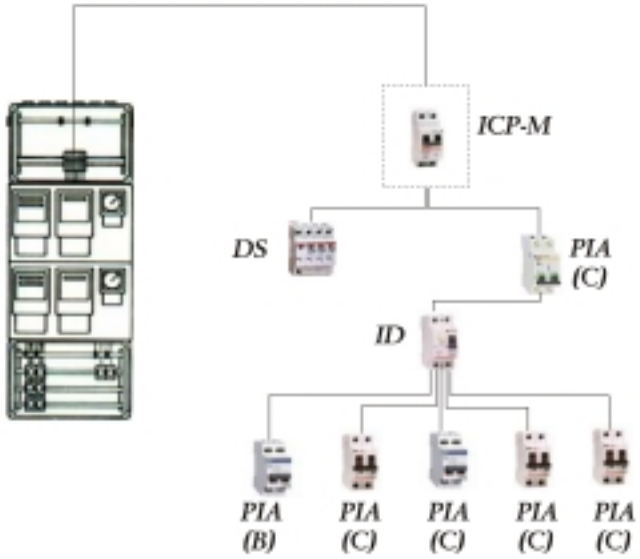


Figura 2 SISTEMA DE PROTECCIÓN DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Del cuadro de contadores, llega la derivación individual al **ICP** (Interruptor de Control de Potencia). El amperaje de éste, de acuerdo con la potencia contratada, **lo instala la empresa suministradora.**

Caso de que sea necesario, llevará el **PS** (protección contra sobretensiones). No tiene posibilidad de desconectarlo. (En el dibujo marcado **DS** que es la denominación del fabricante)

Después del ICP, se coloca el **IGA** (Interruptor General Automático). De un amperaje superior al ICP (25 A, como mínimo). (En el dibujo marcado C que es el tipo de curva)

A continuación el **ID** (interruptor diferencial). Del mismo amperaje que el IGA

Por último todos los **PIAs** necesarios (En viviendas serán cinco, como mínimo). En el dibujo marcado B o C, que el tipo de curva. El amperaje de cada uno depende del circuito que alimenta.

6. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA Y CORTOCIRCUITOS

Los interruptores magnetotérmicos aprovechan el efecto térmico para controlar la intensidad máxima permitida, son lentos de actuar, porque hace falta que se calienten al paso de la corriente, cuando actúa y corta la corriente comienzan a enfriarse, si aún no se ha enfriado lo suficiente, no pueden reconectarse. Cuando los magnetotérmicos son de tipo disyuntor, necesitan además, rearmarse. Para rearmar un disyuntor hay que dar hacia abajo, para llevarlo a la **posición 0** y luego hacia arriba a la **posición I**.

Los magnetotérmicos se fabrican para de dos, tres y cuatro conductores, se puede usar tanto en continua como en alterna, llamandose interruptor Bipolar, Trifásico, y Tretapolar. Todos son de **corte Omnipolar**, es decir, que se cortan al mismo tiempo todos los polos.

Antes, también se fabricaban los magnetotérmicos, unipolares, para un solo conductor; pero, **ya no se permite su uso**. Ahora deben ser bipolares, para que corte la fase y el neutro a la vez. En la figura 3 puede verse como son estos interruptores automáticos, en los que se observa como está protegido el tornillo de emborne, para evitar cortocircuitos con la herramienta.

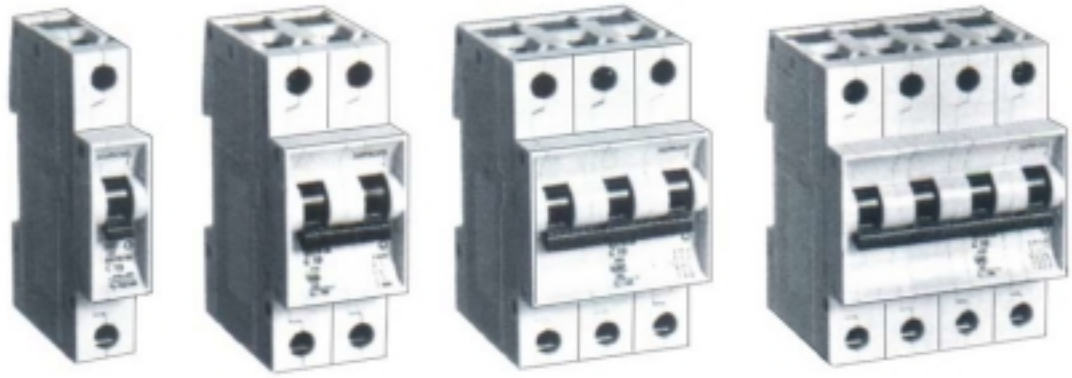


Figura 3 **P**EQUEÑO **I**NTERRUPTOR **A**UTOMÁTICO: UNIPOLAR, BIPOLAR, TRIPOLAR y TETRAPOLAR

Estos magnetotérmicos también se llaman modulares, porque ocupan un módulos, dos, tres o cuatro módulos. Existe una versión comercial más económica que el magnetotérmico bipolar, que consiste en que tan sólo uno de los polos está protegido magnetotérmicamente y el otro es simplemente un contacto que abre y cierra solidariamente con el otro. Las dimensiones son las de un magnetotérmico unipolar; sin embargo, tiene cuarto bornes, dos de entrada y dos de salida para los dos conductores del circuito a proteger. (Figura 3) En ellos suele venir marcado cual es el borne destinado al neutro con una **N**

Figura 4 MAGNETOTÉRMICO BIPOLAR DE UN MÓDULO

7. INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Los **interruptores diferenciales** son dispositivos de corte automático que actúan en el caso del fallo del aislamiento del conductor o del receptor.

Estos aparatos provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma de vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor predeterminado **30, 300**, **500**, **1.000** o **2.000** mA. (Miliamperios)

El tipo de instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento de aparato. Se denomina interruptor diferencial de alta sensibilidad, al que tiene una $\mathbf{I_s}$ del orden de los **30 mA.** Que son los que se instalan en las viviendas. También se fabrican versiones industriales de **300**, **500**, **1.000** y **2.000** mA

Conviene destacar que los interruptores diferenciales de alta sensibilidad aportan una **protección muy eficaz contra incendios**, al limitar a potencia muy bajas las eventuales fugas de energía eléctrica por defecto de aislamiento.

El interruptor deberá eliminar el defecto en un tiempo no superior a **5 segundos**, mediante el corte de todos los conductores activos, cuando se alcance la tensión límite de 50 V, o 24 V según los casos.

Distintos tipos de interruptor diferencial

Dependiendo del uso a que se destine los interruptores diferenciales, pueden de dos módulos o de cuatro módulos, (no se fabrica para tres conductores). Antes también existían en el mercado, para intensidades superiores a 40 A, diferenciales no modulares, como los de la figura 6.

Figura 5 INTERRUPTORES DIFERENCIALES MODULARES

Figura 6 INTERRUPTORES DIFERENCIALES NO MODULARES

También se fabrican diferenciales especiales para casos especiales de corriente continua, corrientes pulsantes, o selectivo.

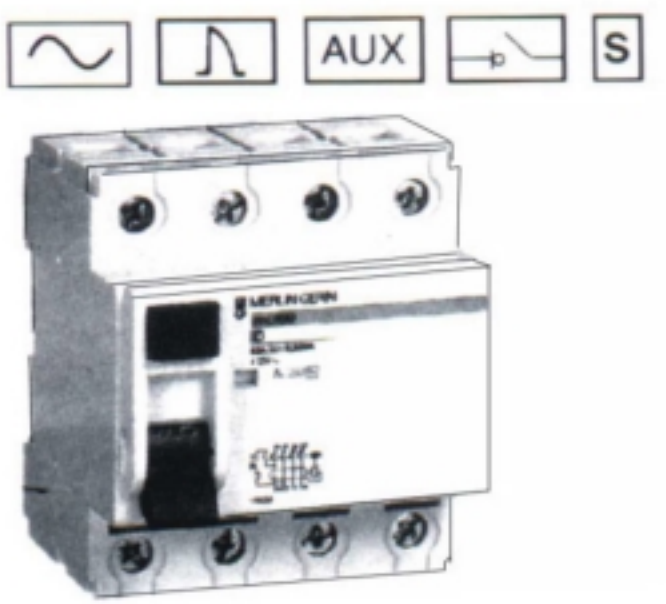


Figura 7 INTERRUPTOR DIFERENCIAL PARA CORRIENTE ALTERNA PULSANTE, DE CHOQUE Y SELECTIVO

8. PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBRETENSIONES

Fundamentalmente se trata de proteger las instalaciones eléctricas interiores contra el aumento transitorio de la tensión debido a descargas atmosféricas, cuando el **rayo cae un punto lejano** al de utilización.

Se puede presentar dos tipos de situaciones:

- **Situación natural**
- **Situación controlada**

Situación natural

Cuando se prevé un **bajo riesgo de sobretensiones** y no se requiere ninguna protección suplementaria.

Esto sucede cuando la red de **alimentación es subterránea en su totalidad y cuando la línea es aérea pero los conductores están apantallados** y unidos a tierra en sus dos extremos.

Situación controlada

Cuando la instalación se alimenta de una **red aérea de conductores desnudos** o **aislados pero sin pantalla envolvente**. En este caso es **obligatoria** la instalación de dispositivo de sobretensión.

También se considera **situación controlada** aquella situación natural en que **si ser obligatorio se coloquen dispositivos de sobretensión para una mayor seguridad de los equipos**, como son los ordenadores y equipos electrónicos tan sensibles a las altas tensiones y de precio elevado. En la instrucción **ITC-BT-23** se trata con más ampliación este punto.

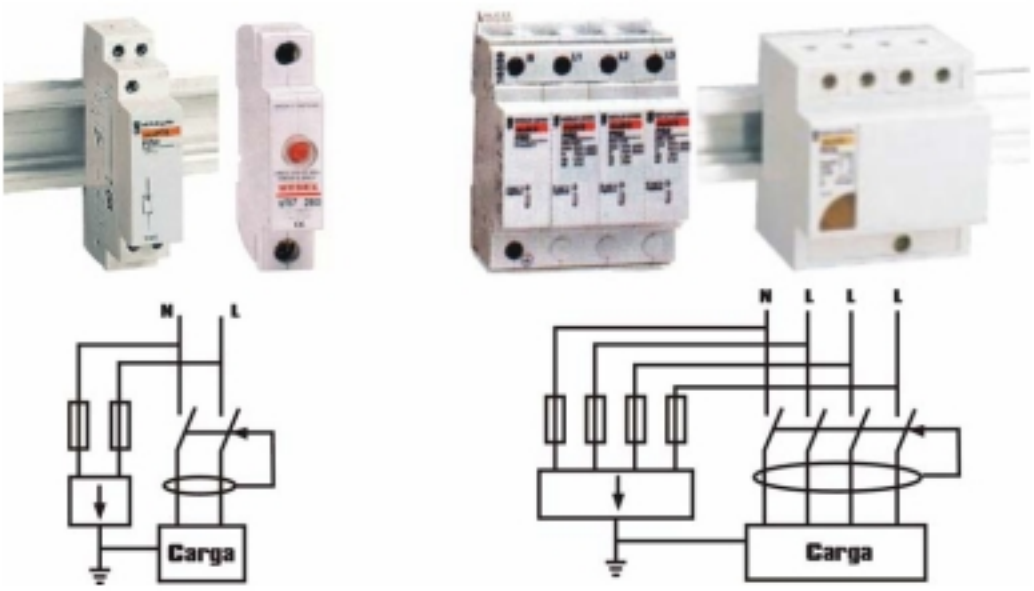


Figura 8 DISPOSITIVO MONOFÁSICO BIPOLAR Y TETRAPOLAR DE SOBRETENSIÓN y ESQUEMAS DE CONEXIÓN

9. INSTALACIÓN INTERIOR O RECEPTORA

Con carácter general, se entiende como **instalación receptora de baja tensión** las comprendidas entre **50 y 1.000 V en corriente alterna** o entre **75 y 1.500 V** cuando sea **corriente continua**. Siendo la tensión nominal de

- **230 Voltios entre fases** para **redes trifásicas de tres hilos**
- **230 Voltios entre fase y neutro**, y **400 Voltios entre fases**, para **redes trifásicas de 4 conductores**.

Los conductores que se empleen en las instalaciones receptoras podrán de **cobre** o **aluminio** y serán **siempre aislados**. Cuando se trate de **viviendas** los conductores sólo podrán ser de **cobre** cuya sección mínima será la que se indica en la **tabla 1**

Circuito	Características	Sección mínima en mm^2
Alumbrado		1,5
Tomas de corriente	Base 16 A 2p+T	2,5
Aire Acondicionado		6
Cocina eléctrica	Base 25 A 2p+T	6
Lavadoras	Línea para dos	4

TABLA 1 SECCIONES MÍNIMAS

La sección de los conductores se calculará de forma que la **caída de tensión** entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea de:

Viviendas, para todo tipo de receptor
3% de la tensión nominal

Locales distintos de vivienda
3% de la tensión nominal para alumbrado
5% de la tensión nominal para los demás usos

Las intensidades mínimas admisibles para cada sección vienen dadas en la **tabla 1** de la Instrucción técnica **ITC-BT 19** y la **ITC-BT 25**.

10. IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

Los dos conductores que **no admiten equivocación** son el **conductor neutro** y **el de protección (tierra)**, por esta razón, deben de identificarse perfectamente del resto de los conductores.

El conductor **neutro** se identificará por el color de su cubierta aislante, que será el **Azul-claro**.
Al conductor de **protección,** se le identificará por el color **Verde-Amarillo**
Los colores de los conductores de **fase** podrán ser **marrón o negro**
Cuando haya necesidad de distinguir las **tres fases** se empleará **Negro, Marrón y Gris**

11. SECCIÓN DEL CONDUCTOR DE PROTECCIÓN

Para el **cálculo de la sección del conductor de protección** se tendrá en cuanta lo siguiente

Para **líneas de hasta 16 mm²**
La misma sección que la fase

Para **líneas mayor de 16 hasta 35 mm²**
El conductor de protección será de 16 mm²

Para **líneas mayor de 35 mm²**
La mitad de sección que la fase

12. SECCIÓN DEL CONDUCTOR NEUTRO

Para el **cálculo de la sección del conductor neutro** se tendrá en cuenta lo establecido en la **tabla 1** de la **ITC-BT 07**, que **hasta 16 mm², será la misma que la de la fase**; y **a partir de 25 mm² , será la mitad de la sección de fase** redondeado por encima a la sección comercial más próxima.

Hay que tener en presente, que se ha modificado mucho este punto en relación **con el antiguo reglamento, en que la sección mínima permitía a partir de 6 mm², la mitad de sección**; y que, **ahora, queda fijado en 16 mm².** Por tanto, se ha **aumentado bastante** la sección del neutro.

13. INSTALACIÓN DE ENLACE

La parte de instalación que une la red de distribución con la instalación receptora o interior, se distinguen dos partes. **La acometida** y la denominada **Instalación de enlace.**

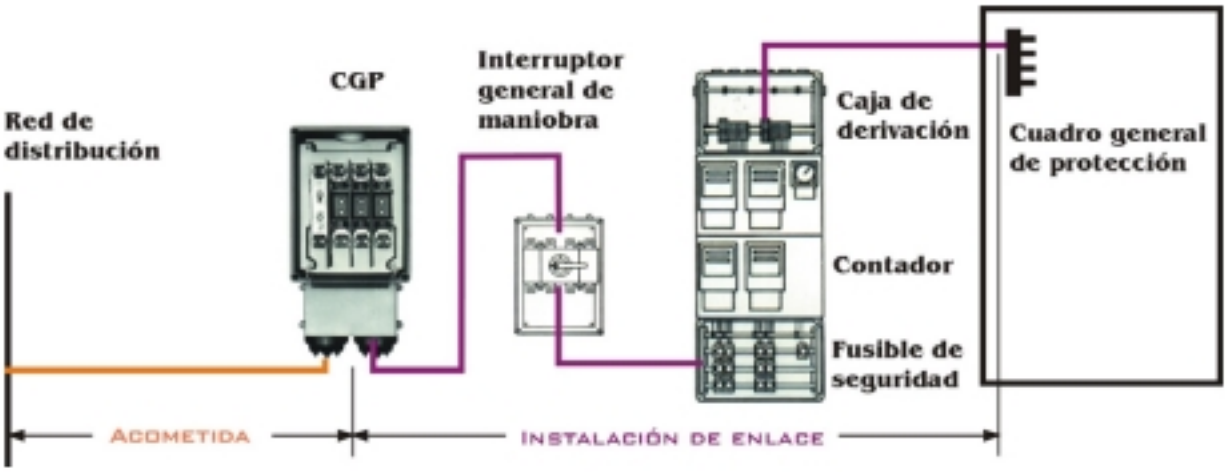


Figura 9 INSTALACIÓN DE ENLACE

La acometida

Es la parte de la instalación **comprendida entre la red** y **la Caja General de Protección** (**CGP**), que se realizará siguiendo los trazados más cortos, discurriendo por terrenos de dominio público, o por terreno particular con servidumbre de paso.

Figura 10 CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN

En general se dispondrá de **una sola acometida por edificio o finca**. (**ITC-BT 11-1.3**) Que se instalará **sobre la fachada exterior de los edificios**, lo más cerca posible a la red de distribución (**ITC-13 -1.1**) Cuando la **acometida sea subterránea**, la parte inferior de la **CGP** estará a un mínimo de **30 cm del suelo**, y cuando la **acometida sea aérea esta CGP** estará comprendida entre **3 y 4 m del suelo**.

Cuando se trate de un único usuario, o **dos como máximo**, la **CGP** se puede hacer coincidir el **fusible de seguridad con el de la derivación**. En este caso, se incluirán los dispositivos de lectura que se instalará a una **altura comprendida entre 0,7 y 1,8 m.**

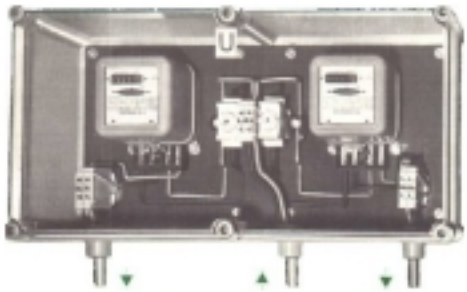


Figura 11 CAJA GENERAL PROTECCIÓN PARA DOS USUARIOS

Instalación de enlace

Es la parte de la instalación que une la CGP con la instalación interior, incluida la CGP. Se compone de las siguientes partes:

- **C**aja **G**eneral de **P**rotección (**CGP**)
- **L**ínea **G**eneral de **A**limentación (**LGA**)
- Elementos para la ubicación de **C**ontadores (**CC**)
- **D**erivación **I**ndividual (**DI**)
- Caja para el **I**nterruptor de **C**ontrol de **P**otencia (**ICP**)
- **D**ispositivos **G**enerales de **M**ando y **P**rotección (**DGMP**)

14. ESQUEMA INSTALACIÓN DE CONTADORES

Son cuatro las posibilidades de instalación:

- Para un solo usuario
- Dos usuarios desde el mismo lugar
- Centralizados en un solo lugar
- Centralizados en más de un lugar

El esquema de instalación de esta cuatro formas son las siguientes: (Ver la **ITC-BT 12**)

Para un solo usuario

La instalación se simplifica al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección y la situación del equipo de medida y no existir, por tanto, la línea general de alimentación. El fusible de seguridad coincide con el la C.G.P.

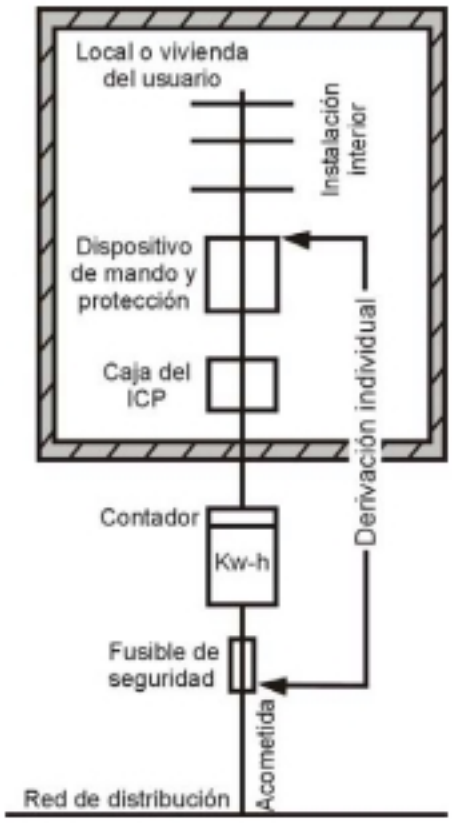


Figura 12 ESQUEMA PARA UN SOLO USUARIO

Para dos usuarios alimentados desde un mismo lugar

En este caso, es válido lo establecido para un solo usuario, habrá dos fusibles de seguridad que harán de CGP.

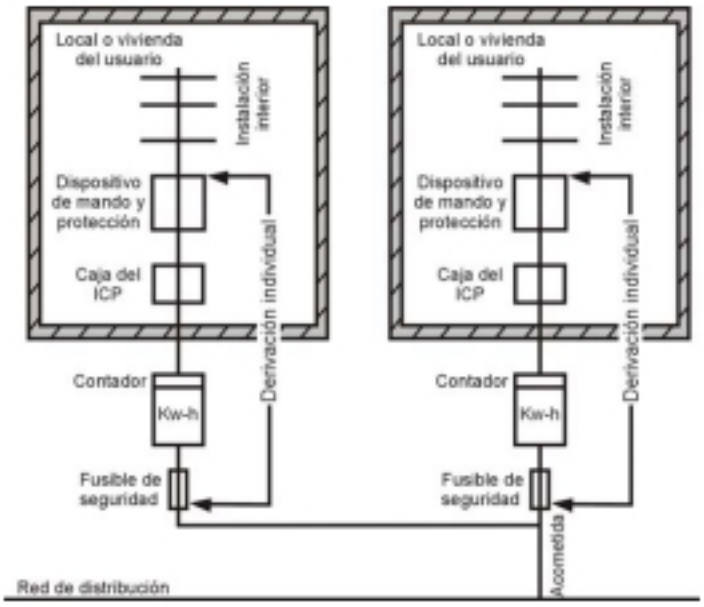


Figura 13 ESQUEMA PARA DOS USUARIOS DESDE UN MISMO LUGAR

Colocación de contadores en forma centralizada en un lugar

Este esquema se utiliza en conjunto de viviendas de edificación vertical y también en edificación horizontal, destinado principalmente a viviendas, edificios comerciales, y oficinas y con menos asiduidad en concentraciones de industrias.

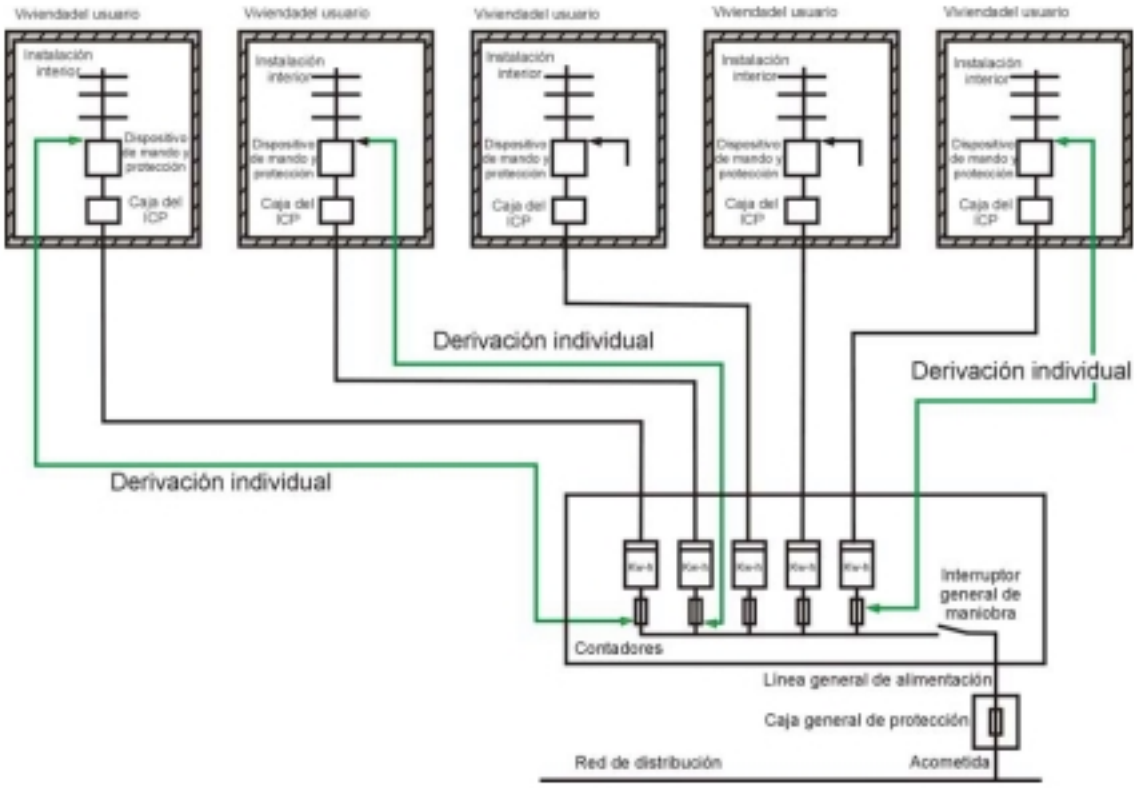


Figura 14 ESQUEMA DE CONTADORES CENTRALIZADOS EN UN LUGAR

Colocación de contadores en forma centralizada en más de un lugar

Este sistema se utiliza en el caso edificios destinados a:

1. Viviendas, oficinas
2. Edificios comerciales
3. Edificios destinados a concentración de industrias
   (Cuando la previsión del consumo haga aconsejable distribuir los contadores en varios lugares)
4. En edificación sea horizontal dentro de un recinto privado
5. En plantas distintas cuando la edificación sea vertical.
   (Por las mismas razones anteriores)

También se adoptará este sistema cuando el número de plantas sea superior a 12 :

6. Se colocarán cada 6 plantas
7. Cuando por cada planta si se sobrepase el número de 16 contadores en cada una

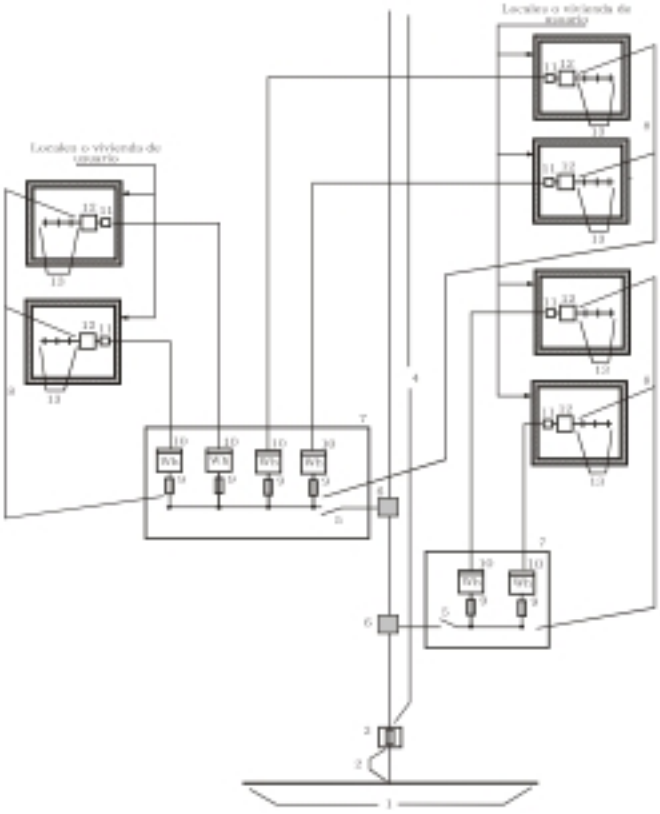


Figura 15 ESQUEMA PARA CENTRALIZADO EN MÁS DE UN LUGAR

Leyenda

1. Red de distribución
2. Acometida
3. Caja General de Protección
4. Línea general de alimentación
5. Interruptor general maniobra
6. Caja derivación
7. Emplazamiento contadores
8. Derivación individual
9. Fusible de seguridad
10. Contador
11. ICP
12. Cuadro general de protección
13. Instalación interior

15. Normas particulares de la compañía de suministro en baja tensión

Cuando el **número de contadores de la centralización no supere los 16**, ésta se podrá colocar en un armario adosado o empotrado en un paramento en zona común, **con anchura libre de pared no inferior a 1,5 m.**

Si el número de **contadores supera los 16 el conjunto se colocará en un cuarto destinado exclusivamente a este fin.**

El cuarto de contadores deberá de tener unas **medidas mínimas de 2,30 m de altura y un espacio libre por delante de los contadores de 1,50 metros.**

La parte superior correspondiente **al embarrado quedará a una altura de 0,40 m y la altura máxima del totalizador de los contadores a 1,80 m**. Como puede observarse en la figura 14

Las normas particulares de las compañías suministradora, en ningún caso se oponen a la norma general, su finalidad es fijar criterios de igualdad dentro de sectores de redes, a fin de unificar el material de reposición y la compresión del esquema de instalación.

Las compañías generadoras y distribuidoras de energía, tienen homologadas las cajas de contadores de diversos fabricantes y son las únicas que se pueden colocar en su sector, al comprar el material se ha de pedir que sean **homologadas por la empresa que va a suministrar la energía**.

Los fabricantes de material eléctrico, procuran que sus productos sean homologados por todos los laboratorios de compañías suministradoras y cuando no es posible, se ven obligados a elaborar dos productos distintos, **haciendo constar que homologación tiene este producto**.

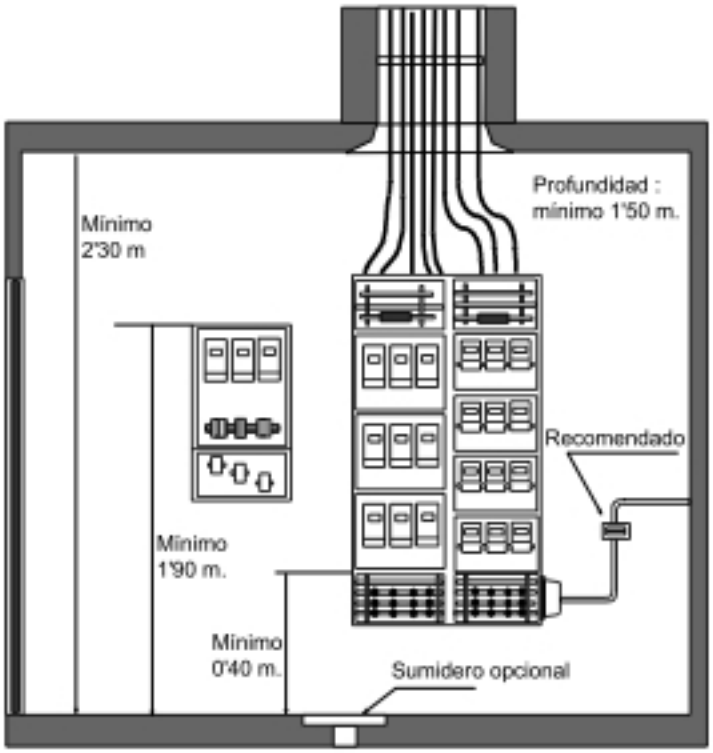


Figura 16 CUARTO DE CONTADORES

16. LA BAJA TENSIÓN EN ESPAÑA.

Las tensiones se clasifica en:

- **Corriente alterna**

- **Muy baja tensión, las inferiores a 50 voltios eficaces**
- **Tensión usual, las comprendidas entre 50 y 500 voltios eficaces**
- **Tensión especial, las comprendidas entre 500 y 1000 voltios eficaces**

- **Corriente continua**

- **Muy baja tensión, las inferiores a 75 voltios de valor medio aritmético**
- **Tensión usual, las comprendidas entre 75 y 750 voltios de valor medio aritmético**
- **Tensión especial, las comprendidas entre 750 y 1500 voltios de valor medio aritmético**

Alta Tensión:

superior a 1.000 voltios eficaces, para coriente alterna y 1.500 para corriente continua.

Tensiones normalizadas

Corriente alterna

Monofásica: 230 voltios

Trifásica: A tres hilos 230 V entre fases
Cuatro hilos 400 V entre fases , y 230 V entre fase y neutro

En la **tabla 2** se resumen las tensiones normalizadas

TABLA 2

Líneas trifásica	
230 entre fases.	Línea de tres conductores
230 entre fase y neutro 400 entre fases	Línea de cuatro conductores

Nota:
Hasta hace poco la tensión en las viviendas era de **220 V**, y en líneas trifásicas **380 V** entre fases. Como se ve se ha **aumentado en 10 voltios la tensión en las viviendas y 20 voltios para la industria**

Líneas aéreas desnudas

Explicadas en el tema 3, estas líneas estaban muy difundidas hace treinta años. Hoy día, solo se encuentran en medios rurales y urbanizaciones particulares cuyas líneas no son propiedad de las compañías suministradoras, en estas líneas, el conductor más próximo al suelo, es el neutro, y en la mayoría de los casos, también es el más delgado de los cuatro

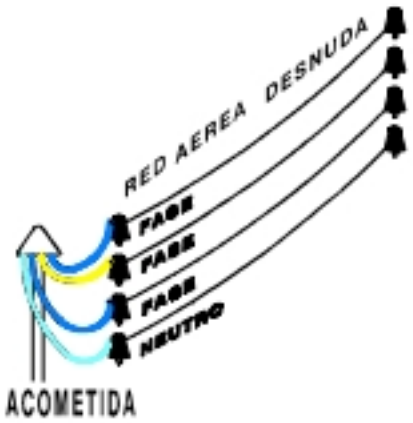


Figura 17 COLOCACIÓN DEL NEUTRO EN LINEAS AÉREAS

Tensiones superiores a 230 voltios en las viviendas

Aunque toda la instalación general de una vivienda será como máximo de **230 V,** si dentro de la vivienda existiesen aparatos a **400 voltios**, se podrá hacer una línea independiente para ese, o esos, aparatos que lo requieran.

Es decir; si existen aparatos especiales, como aire acondicionado, o motores trifásicos que lo requieran, **no necesitarán una autorización especial para ello**. Bastará con solicitarlo de la compañía en el momento de hacer la contratación del suministro. Si la vivienda es de mucho consumo, o de varias plantas, se puede solicitar acometida trifásica. La única condición que se impones es **que dentro de cada una de las habitaciones no existan dos fases distintas.** Es decir, se pretende impedir que nunca exista 400 V en las habitaciones.

17. APARATOS DE PROTECCIÓN DE LAS REDES

Básicamente son tres las dispositivos que se utilizan para proteger las redes:

- **Protección contra las sobreintensidades**

  Los fusibles
  Los magnetotérmico en distintas versiones

- **Protección contra las sobretensiones**

  Limitador de sobretensiones

- **Protección contra los contactos indirectos**

  Interruptor diferencial con diferentes sensibilidades

18. DISPOSITIVOS FUSIBLES

Tienen la misión de **garantizar de forma absoluta la seguridad de la instalación contra cortacircuitos y sobrecargas**.

Los fusibles primitivos tenían **forma de hilos o láminas**; estaban compuestos de **una aleación de dos partes de plomo por una de estaño**; que se funden, **debido al efecto Joule, a unos 170° C**. La colocación de estos fusibles de aleación especial se hacía atornillándolo entre dos puntos, separados lo suficiente para que cuando se funda, la chispa que sucede a la fusión no pueda establecer un arco entre los bornes del cortacircuito.

Estos primeros fusibles fueron sustituidos por **hilos de cobre estañado**, e **incluso por cobre sin estañar**, la protección que presentaba está resumida en la tabla 3 de fusibles

Debido a la composición con que se fabricaban los primitivos fusibles, hoy día aún es muy popular la frase de **"se fundieron los plomos"** aunque hace muchísimos años que no se emplee aquella aleación de plomo y estaño.

Diámetro del hilo mm	Intensidad de fusión A	Diámetro del hilo mm	Intensidad de fusión A
0'10	2	0'38	16
0'12	4	0'45	25
0'15	5	0'60	35
0'20	7	0'70	50
0'25	10	0'80	60
0'28	12	1'00	70
0'30	14		

TABLA 3 FUSIBLES DE COBRE ESTAÑADO

En la actualidad el **dispositivo fusible** está compuesto de:

Base Fusible y Portafusible.

BASE DEL FUSIBLE.- Es donde **se conecta el conductor de llegada de la corriente, y el conductor de salida**; construida de tal forma que, cuando se coloca **el fusible este cierra el circuito**, y **cuando se retira se abre automáticamente**. (Figura 18).

Figura 18 DISTINTOS TIPOS DE BASE PORTAFUSIBLE

El tamaño de la base está condicionada por la sección del conductor, que a su vez depende de la intensidad de corriente; y, el sitio donde se coloque, determinará el grado de la protección, contra contactos directos.

La **intensidad de trabajo de la base portafusible** siempre será **superior a la del fusible**, pero **nunca inferior, a la intensidad de fusión del fusible**.

PORTAFUSIBLE: (figura 19) es la **pieza que extrae o coloca al fusible en su base**. Obligatoriamente es de **material aislante y optativamente puede ser o no solidaria con la base**, y en este caso, **además, se puede hacer que el portafusible sea solidario con las otras dos fases**; a fin de que, cuando se desconecte un fusible, se queden sin corriente **las tres fases**, esto impide dos cosas: la corriente de retorno a través de la resistencia interior de los receptores, y **que los motores queden en dos fases**.

Figura 19 DISTINTOS TIPOS DE PORTAFUSIBLES

FUSIBLE: La armadura sobre la que está constituido el fusible, es un cuerpo en forma de tubo cerámico de elevado choque térmico y alta resistencia a la presión; que permite soportar las críticas condiciones, en caso de cortacircuito (figura 18). Los extremos, destinados ha hacer el contacto con la base; son dos tapas, de cobre con baño de plata para evitar la corrosión y asegurar un buen contacto, con la base portafusible. En el interior del tubo, un fino hilo conductor; que es el **fusible** en sí; **calibrado** al amperaje de fusión rodeado de arena de cuarzo, de grano uniforme que permite una buena refrigeración, así como un adecuado escape de los gases.

El elemento de fusión es de **cobre plateado**, para resistir el envejecimiento y la corrosión; también permite controlar la propagación del arco en el interior del fusible.

A los fusibles se les suele dar el nombre de **"cartucho fusible"**

Algunos fusibles se fabrican **con testigo indicador de la fusión**, que permite a simple vista identificar si el fusible está fundido, sin necesidad de abrirlo (figura 20).

La indicación de fusión se hace mecánicamente, mediante muelle; al fundir el fusible (6) se parte el hilo (5) que mantiene el muelle tenso; al quedar libre de sujeción hace saltar el indicador de fusión.

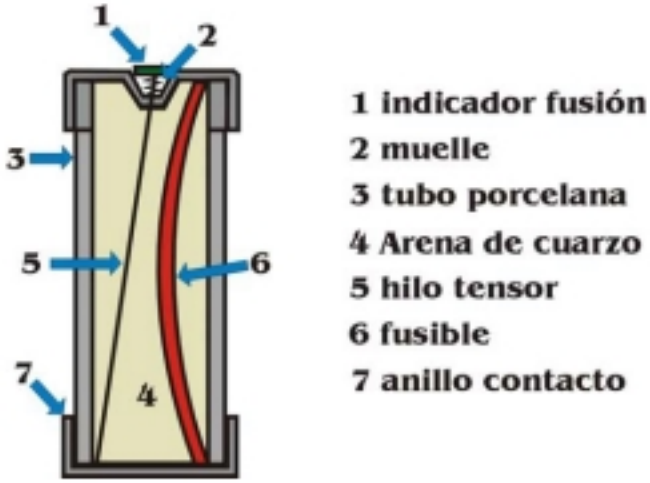


Figura 20 CORTE EN SECCIÓN DE UN FUSIBLE

El aspecto exterior que presenta el fusible puede ser cualquiera de los representados en la figura 21, donde también aparecen dos puentes para neutros (primera y última figura).

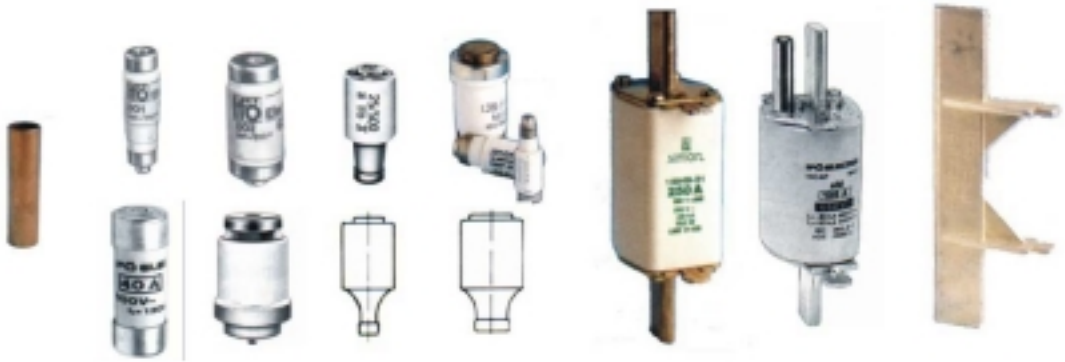


Figura 21 DIFERENTES TIPOS DE CARTUCHOS FUSIBLES

Los fusible también se fabrican en dos versiones de **fusión lenta** o **normal**, según lo que se quiera proteger. Por lo general a los circuitos con carga óhmica se les coloca de **fusión normal**, y los de carga inductiva de **fusión lenta**, esto quiere decir que, durante unos cuantos segundos, el fusible permitirán resistir la sobrecarga que se produce durante el tiempo de arranque sin que llegue a fundir.

La protección, por medio de fusible, de los transformadores; generalmente se efectúa del lado del secundario; dado que no hay riesgo de que se produzca un cortocircuito en el primario, los transformadores se protegen con mayor seguridad desde la parte de la utilización.

19. CARTUCHOS FUSIBLES COMERCIALES

La gama de amperaje, que se encuentra disponible en el mercado, va desde **1 a 1.250 amperios**; como puede verse en la tabla 4. Cada fabricante, suele poner en el mercado tres, o cuatro **tamaños** distintos de un mismo calibre. Naturalmente, el tamaño del fusible viene condicionado por el tamaño de la base que ha de soportar este fusible.

Cuando se hace un pedido de fusible, **no es suficiente indicar el calibre**, hay que especificar, además, **el tamaño**

Tabla 4 Gama de calibres de cortacircuito fusible que se fabrican hoy día

1	8	20	40	100	224	400	800
2	10	25	50	125	250	425	1000
4	12	32	63	160	315	500	1250
6	16	35	80	200	355	630	

En las instalaciones se utilizan hasta tres clases distintas de fusibles:

Para uso doméstico (Figura 22)
De uso industrial (Figura 23)
Con alto poder de ruptura (Figura 25)

Fusibles domésticos

Figura 22 TAMAÑOS DE FUSIBLES DOMÉSTICOS

Aunque hoy día, dentro de las viviendas, es raro ver un cartucho fusible, debido a que, cada vez, se colocan más interruptores automáticos de pequeña potencia; se les llama fusibles domésticos, a los de menor tamaño; aunque su uso no sea, precisamente, dentro de los hogares

MEDIDAS	I_n en A										
6,3 X 23		2	4	6		10					
8,5 X 23		2	4	6		10					
10,3 X 25,8				6		10		16			
8,5 X 31,5	1	2	4	6	8	10	12	16	20	25	
8,5 X 36		2	4	6		10		16	20	25	32
10,3 x 31,5								16	20	25	
10,3 x 38										25	32

TABLA 5. AMPERAJES DE FUSIBLES CILÍNDRICOS PARA USO DOMÉSTICO

Fusibles industriales

C-20 **10 x 36** **C-40** **14 x 51** **C-80** **22 x 58**

Figura 23 FUSIBLES INDUSTRIALES

Los fusibles del **tamaño industrial** (Figura 23 y tabla 6), normalmente se les denominan con la misma nomenclatura utilizada por el fabricante del fusible, utilizando la misma denominación, se consigue que el cartucho se adapte mejor a la base que se utilice; por esto será mejor llamar al cartucho C-20, C-40 y C-80, en vez de 10 x 36, 14 x 51 y 22 x 58 respectivamente.

Tabla 6 Amperaje de fusibles industriales

I_n en A		
C-20 (10 x 36)	C-40 (14 x 51)	C-80 (22 x 58)
0'5		
1		
2	2	
4	4	4
6	6	6
8	8	8
10	10	10
12	12	12
16	16	16
20	20	20
25	25	25
32	32	32
	40	40
	50	50
		63
		80
		100
		125

Fusibles de alto poder de ruptura

La forma de los fusibles de alto poder de ruptura es altamente diferente del resto, figura 24; requiriendo para su manejo (quitar, o, poner) una manija espacialmente diseñada para esto; con unas aperturas que encajan en el gancho que llevan estos fusibles en ambos extremos.

Existen hasta seis tamaños de este tipo de fusible: La tabla 7 es de los calibres comerciales que se puede encontrar en el mercado.

En esta tabla, se observa que del tamaño 4 sólo se fabrican en tres amperajes y en la figura 22 se comprueba que, para este tamaño 4, este tiene en sus cuchillas un corte; diseñado así para asegurar su perfecta unión con la base. El fusible, tamaño 4, no queda encajado, como el resto de la gama, por la presión de las cuchillas; si no que, lleva un tornillo prisionero; que es necesario apretar con llave fija, evitando así cualquier calentamiento al paso de la corriente por el efecto Joule.

Figura 24 CONSTITUCIÓN DE UN FUSIBLE DE ALTO PODER DE CORTE

1 Cuerpo cerámico 2 Arena de cuarzo 3 Cuchilla de contacto 4 Indicador de fusión
5 Elemento de fusión 6 Placa fijación 7 Junta aislante

Figura 25 TAMAÑO COMPARATIVO DE FUSIBLES DE ALTO PODER DE RUPTURA DESDE TAMAÑO 00 AL TAMAÑO 4

En la figura 25 se puede apreciar el volumen relativo entre los distintos tamaños; y en la ya citada tabla 7, se observa como del mismo amperaje, existen varios tamaños.

In en A					
Tamaño 00	Tamaño 0	Tamaño 1	Tamaño 2	Tamaño 3	Tamaño 4
6	6				
10	10				
16	16	16			
20	20	20			
25	25	25			
32	32	32	32		
35	35	35	35		
40	40	40	40		
50	50	50	50		
63	63	63	63		
80	80	80	80		
100	100	100	100		
125	125	125	125		
160	160	160	160		
		200	200		
		224	224		
		250	250		
		315	315	315	
		355	355	355	
			400	400	
			425	425	
			500	500	
				630	
				800	800
					1.000
					1.250

Tabla 7 TABLA DE AMPERAJES DE FUSIBLES DE ALTO PODER DE RUPTURA

Naturalmente existe un límite del máximo amperaje para cada tipo de tamaño. Es recomendable, cuando se proyecta una instalación de nueva construcción, no utilizar los dos últimos amperaje de cada tamaño, debiéndose emplear el siguiente, y no, forzar la base a resistir lo máximo para la que ha sido construida.

Si el amperaje previsto es de 130 amperios; lo correcto es emplear una base del tamaño 1, antes que la base del tamaño cero y mucho menos el tamaño doble cero.

La colocación de estos fusibles normalmente, es la siguiente:

Viviendas: Junto al contador, donde el amperaje oscila entre 16 y 40 amperios: el **tamaño** del cortacircuito que se encuentra es el correspondiente al fusible **C-20**, pudiendo ser también el **C-40**; dentro de la vivienda, donde por cada derivación, hay desde los 2 a los 16 amperios; el **tamaño** es el **8´5 x 23** también el **10'3 x 25´8**. Por último, en la acometida general de un bloque de piso, que requiere entre 63 y 125 amperios, el **tamaño** que normalmente se coloca es el **1** o **2**.

20. FUSIBLE SECCIONADOR

A veces, el portafusible forma con la base una sola pieza articulada en forma de bisagra. En estos casos, se les llama portafusible seccionador, porque hace que el fusible se comporte como un interruptor con fusible. En estos casos, los tres portafusibles están unidos entre sí mecánicamente, de tal forma, que se abren los tres fusible el mismo tiempo, siendo imposible abrir una sola de las fases.

El esquema del fusible seccionador es el de la figura 25, muy parecido a un interruptor trifásico, en el que las cuchillas se han sustituido por fusibles.

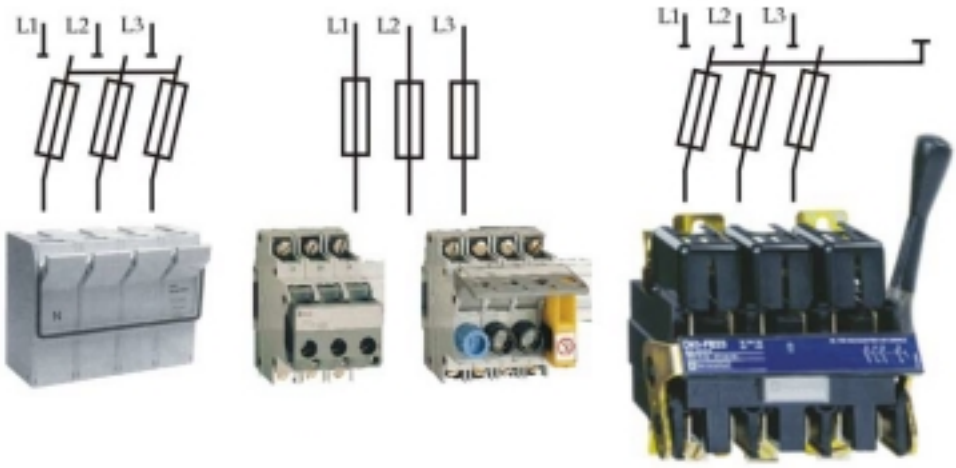


Figura 25 FUSIBLE SECCIONADOR Y DE TAPÓN, ESQUEMA Y VISTAS

También existe en el mercado interruptores manuales de una dos o tres fases, con fusible incorporado (figura 26) llamados Interruptor UNIPOLAR, BIPOLAR, o TRIPOLAR, con fusible. Aunque en la actualidad, cada día se emplean menos; debido a que, el interruptor magnetotérmico se va imponiendo sobre estos.

Figura 26 INTERRUPTOR CON FUSIBLE VERSIÓN EN SUPERFICIE Y EMPOTRABLE

Homologación

Los fusibles, según establece el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, igual que todo el material que se emplee en baja tensión; han de ser **homologados**. Por lo que no cabe improvisar ningún tipo de puente para restablecer la corriente.

A veces, cuando no se tiene **el cartucho fusible de repuesto**, algunos optan por puentear con **Vanillas de cobre** sacadas de un cable flexible, el fusible; esto lejos de ser una solución, da origen a múltiples averías; que en algunos casos, **han llegado a ser el origen de algún incendio**, con el consiguiente coste que esto supone.

21. ELECCIÓN DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE EN LOS FUSIBLES

La fórmula

$$I' = \frac{W}{V}$$

dice la Intensidad total de corriente que va a consumir un circuito monofásico.

El fusible que se coloque ha de estar en armonía con esta intensidad; por supuesto, **estará por encima de esta intensidad y nunca por debajo**.

Ejemplo:
Suponiendo que por la fórmula se obtiene un resultado de **17'25 Amperios**: si se coloca un fusible de solo **15 A** se fundirá inmediatamente, apenas se cierre el circuito; si se pone un calibre de **60 Amperios**, el fusible raramente fundirá por sobrecarga de la línea; pero sí por un cortocircuito; por lo que la línea sólo estará protegida contra cortacircuitos no contra la sobrecarga.

Consultando la tabla 4, donde están todos los calibres de cartuchos fusibles que se fabrican, se encuentra que el fusible comercial inmediatamente superior al amperaje de **17'25** es el de **20 amperios**.

En el supuesto de que **12'15 A, sea la suma de todos los amperajes** que consume varios motores de un taller; habrá que tener en consideración que, cada vez que se pone en marcha un motor, un tubo fluorescente, o cualquier receptor que tenga bobinado; se produce durante el tiempo de arranque, una sobrecarga; que puede llegar ha ser hasta dos y tres veces el valor de la inmensidad. Por lo que, de arrancarse más de un motor simultáneamente, el fusible se fundirá. Para evitar esto lo normal será tener en consideración esta sobrecarga y colocar un fusible que sea de una y media o dos veces como máximo el valor de la intensidad teórica, pudiéndose llegar hasta 3 veces mas. En este caso estará comprendido entre:

$$12'15 \times 1'5 = 18'22$$

$$12'15 \times 2 = 24'30$$

Es decir, el cartucho fusible deberá ser el de **20** o el de **25** Amperios.

Esta fórmula tan sólo es válida para los fusibles generales de una instalación; para las derivaciones individuales siempre se colocará el fusible comercial **inmediatamente superior al calculado**; en este ejemplo de **12'15**, se protegerá con fusible de **16 amperios** en la inmediación del interruptor; mientras que **si se trata de la suma de varios amperajes,** se colocará uno de **20** o **25 amperios**, junto al contador.

22. COMPROBACIÓN DE FUSIBLES

Un fusible fundido, la única solución que admite es sustituirlo por otro de iguales características. Cuando se sospecha que un fusible ha fundido, lo primero es averiguar la causa: **Si ha sido por cortocircuito, antes de sustituir el fusible habrá que reparar el cortocircuito**; si no ha habido cortocircuito, entonces **ha sido por sobrecarga, deberá de desconectarse algunos receptores antes de volver a cerrar los interruptores**.

Antes de quitar un fusible conviene observar la placa testigo (figura 27) para ver si realmente está fundido o no; **generalmente con esto es suficiente para comprobar el estado del fusible, sin más comprobaciones.**

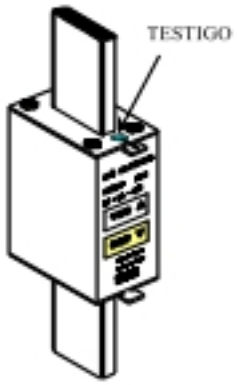


Figura 27 INDICADOR DE FUSIÓN

Una falsa comprobación se puede cometer si con un buscapolos de lámpara neón, se pretende averiguar si un fusible está fundido; para hacerlo así es totalmente indispensable que **el interruptor agua abajo, esté abierto.** De no hacerlo como se muestra en la figura, a través del retorno, se encenderá la lámpara como si no estuviera fundido.

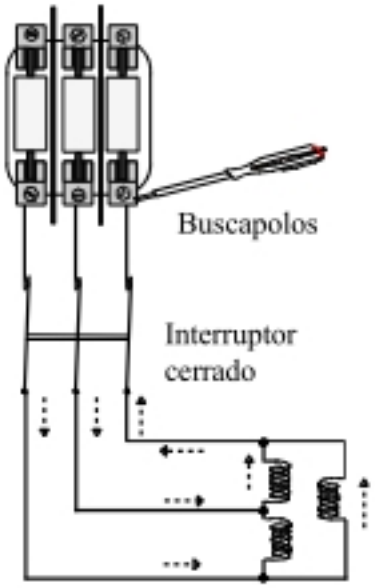


Figura 28 MANERA INCORRECTA DE COMPROBAR FUSIBLES

En la figura 28, el busca polos, se encenderá tanto si el fusible está fundido como si está en perfecto estado. Porque, a través del retorno, aparece corriente a la salida del fusible. Dando la sensación de que está pasando corriente por el fusible, aunque en realidad, sólo sea retorno.

Cuando el interruptor general esta abierto la comprobación se hace de otra forma.

Para comprobar un fusible que se sospecha fundido, es necesario que el **interruptor general esté abierto,** (Figura 29) si el fusible está fundido, ahora no se enciende el comprobador de lámpara neón, si lo hace es que el fusible está en condiciones.

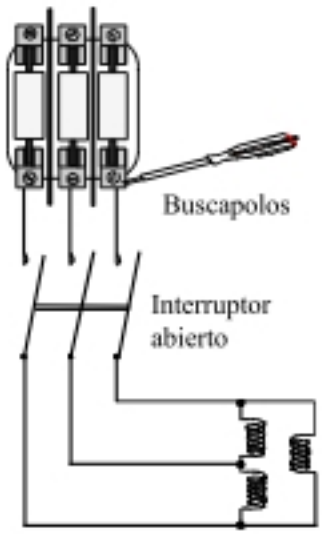


Figura 29 FORMA CORRECTA DE COMPROBAR FUSIBLES

Comprobación de fusibles sin abrir el interruptor general

Otra forma de comprobar los fusibles es con el **comprobador de tensión de lámpara neón:** Este comprobador tienen dos puntas, para aplicar entre los puntos a medir; con estos, se puede comprobar si el fusible está fundido, **sin necesidad de abrir el interruptor general**. Se hace colocando ambas puntas en el mismo fusible; una punta a la entrada, y la otra a la salida (figura 30).

Con el interruptor general cerrado

Si la lámpara se enciende es que entre la entrada y la salida hay una diferencia de potencial, y, por tanto, el fusible está fundido; **si no lo enciende, es que está bueno**, pues no hay diferencia de voltaje entre sus puntas.

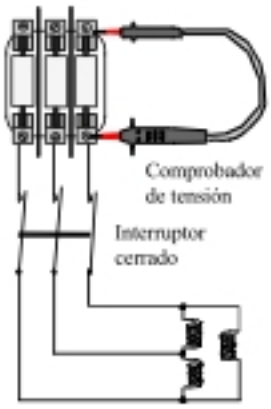


Figura 30 COMPROBACIÓN DE FUSIBLES EN TENSIÓN

Con el interruptor general abierto

Si la lámpara se enciende es que entre los dos fusibles hay tensión, y, por tanto, los dos fusible están buenos; **si no lo enciende, es que al menos, uno de los dos está fundido o los dos a la vez**, pues no hay tensión entre ambos.

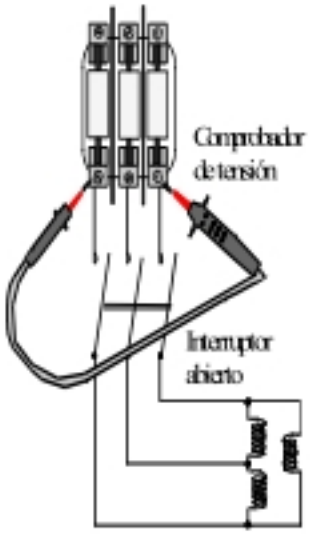


Figura 31 COMPROBACIÓN DE TENSIÓN

Otra manera de comprobar un fusible es, quitarlo y comprobarlo fuera.

Por ejemplo con una lámpara serie. En la figura 32 puede verse que en realidad el fusible hace de puente o interruptor, encendiéndose las lámparas en serie cuando está correcto, permaneciendo apagadas si está fundido. También puede ocurrir que una lámpara está fundida por lo que antes de comprobar el fusible conviene probar las lámparas uniendo las dos puntas del comprobador.

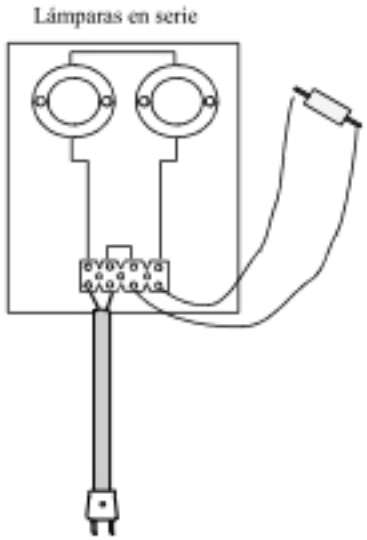


Figura 32 TABLERO CON LÁMPARA SERIE

Importante:

Nunca se debe aplicar la lámpara serie a un fusible colocado en su base, porque se puede ocasionar un corto circuito; así que: **siempre estará el fusible quitado, para comprobarlo**.

Si en vez de utilizar una lámpara serie, se **utiliza un multímetro en posición de medir continuidad con indicador acústico**, se tendrá en cuanta lo dicho para comprobar con lámpara serie, es decir que **el fusible ha de estar quitado de su base**, porque de no hacerlo así, **el multímetro se deterioraría**. De todas formas, **el fabricante ha previsto un fusible interior en estos aparatos para estos casos**, pero a veces, no actúa con la suficiente rapidez y el multímetro **queda inservible**, **así de contundente es la aplicación incorrecta del multímetro a un fusible colocado**.

De todo lo dicho, **lo más importante está en el primer párrafo de este apartado: que generalmente bastará con una inspección ocular sobre la lámina testigo para saber si el fusible está fundido o no, sin necesidad de nada más.**

Cuando se **repone un fusible**:

a. Sólo puede hacerse por **otro del mismo calibre nunca por otro de mayor amperaje**.

b. Es muy importante **abrir interruptores o disminuir las cargas**; aunque ello ocasione una pequeña pérdida de tiempo, en realidad es beneficiosa ya que un arco intenso originará la parada de toda la maquinaria, pues habrá que reponer la base del fusible.

Otra **avería muy común** que aparece en los fusibles, no es que se fundan, sino que estén **flojos los tornillos** prisioneros de los cables; o que se **parta el muelle que sirve para hacer presión sobre la pletina del fusible**. Esto **origina recalentamientos**, que hacen perder **elasticidad al contacto**, lo recuece y aparecen las faltas de presión en el contacto. El resultado es similar al del fusible fundido.

La reparación no es sustituir el fusible, sino **la base entera**; aunque, a veces, basta con apretar los tornillos; pero **si las partes en contacto están tomadas de color, debido al recocido, apretar los tornillos no soluciona nada.**

23. PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA

El **interruptor magnetotérmico** es un dispositivo de protección **contra sobrecarga y cortacircuito**, que actúa de dos formas: por la acción magnética de una bobina sobre un núcleo de hierro; y también, por la acción térmica de la corriente al pasar por un conductor compuesto por dos metales distintos.

Acción térmica, se basa en que todos los metales al calentarse se dilatan; pero no todos dilatan lo mismo. Cuando se disponen dos metales distintos soldados por un extremo y fijos por el extremo contrario (figura 33). Al dilatarse, se deforman ladeándose siempre hacia el mismo lado. A esto se le llama un **bimetal**. Cuando el **bimetal** se enfría vuelve a su posición normal.

Al pasar la corriente por un **bimetal**, por el efecto Joule se doblarán sus láminas, y si dispone un resorte mecánico, se puede hacer que se abra el interruptor de forma automática al llegar el **bimetal a su dilatación máxima**. Cesando el paso de la corriente, el bimetal comienza a enfriarse y recupera su posición inicial. **Mientras que el bimetal no recupere su posición inicial, el interruptor no puede cerrarse de nuevo**.

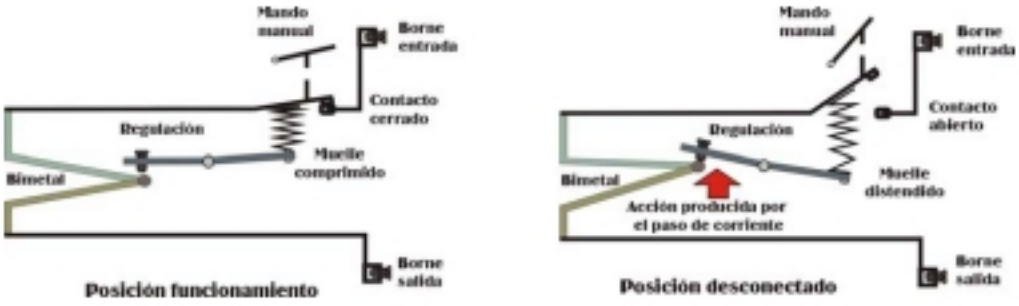


Figura 33 ACCIÓN QUE PRODUCE EL CALOR SOBRE EL BIMETAL

Con la regulación del tornillo del bimetal, se gradúa al amperaje máximo que ha de suportar el magnetotérmico; rebasado este, el circuito quedará interrumpido automáticamente.

Acción magnética.- Cuando la corriente pasa a través de una bobina se produce **un campo magnético que actúa como un electroimán** y atrae a todo hierro que esté dentro de su zona de influencia. Si se dispone que el núcleo de hierro de la bobina, al ser atraído por la bobina, accione sobre un resorte mecánico; (Figura 34) se puede hacer que se abra el interruptor de forma automática al llegar el electroimán a crear un campo de fuerza producido por la intensidad de corriente.

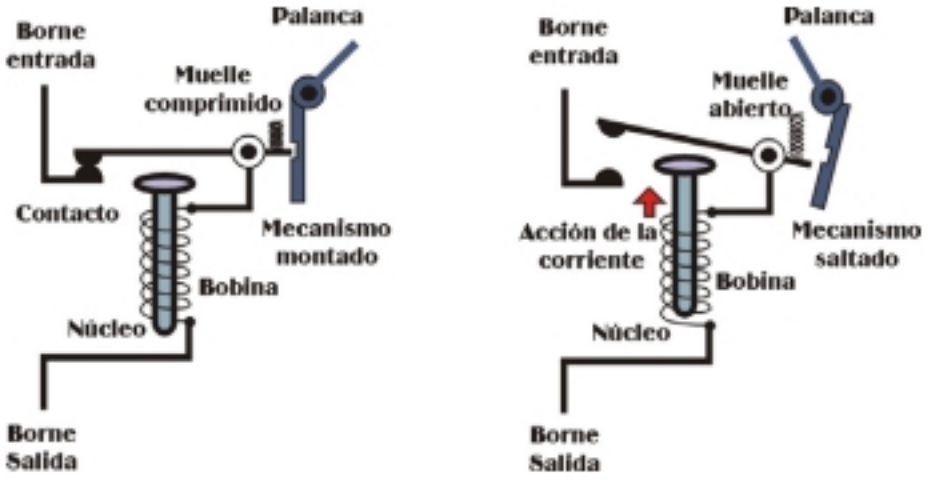


Figura 34 DISPARO POR ACCIÓN MAGNÉTICA

La acción magnética actúa rápidamente al producirse un cortocircuito; **con mucha mayor rapidez con que lo haría el bimetal**; por tanto, cuando la intensidad es mucho mayor de la nominal, al producirse un gran flujo magnético el núcleo hace mover la articulación rompiendo el equilibrio del muelle y abriendo el interruptor mecánicamente interrumpiendo el paso de corriente de forma instantánea.

Los **interruptores magnetotérmicos**, (figura 35) están construidos de forma, que, estos dos sistemas, actúan individualmente, sobre distintos resortes, para abrir el interruptor; **bien porque, el bimetal, alcance su temperatura de disparo, o bien, porque la bobina haya creado el campo magnético suficiente**.

Cuando se cierra un **interruptor magnetotérmico**, por medio del mando manual; se actúa sobre una articulación, que comprimen unos muelles; con lo que queda listo para ser "**disparado**" con cualquier pequeña fuerza, como es la del bimetal o la de la bobina.

La operación de volver a cerrar un interruptor que se ha disparado se llama "**rearme**" o "**reposición**" del interruptor.

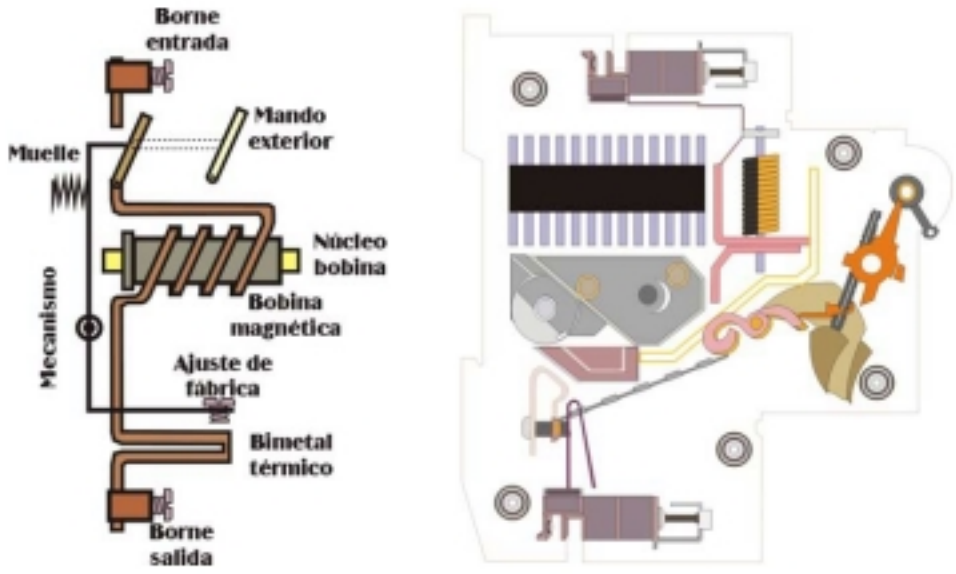


Figura 35 CONSTITUCIÓN DE UN MAGNETOTÉRMICO

24. DISTINTAS VERSIONES DE MAGNETOTÉRMICOS

División de versiones por el número de polos

Pueden ser de un polo, también llamados **monofásicos**. (Figura 36), el ancho que tienen estos interruptores es de un módulo (ver párrafo 6)

Este tipo de interruptor automático ya no se recomiendan, porque no corta más que uno solo, de los dos conductores, que, como mínimo, comprenden un circuito.

Figura 36 MAGNETOTÉRMICO MONOFÁSICO

De dos polos o bifásicos que indistintamente se les llama **bifásico** o **bipolares**. (Figura 37).

Figura 37 MAGNETOTÉRMICO BIFÁSICO DE DOS MÓDULO Y DE UN MÓDULO

En dos polos, hay tres versiones:

? dos polos con protección magnetotérmica en ambos polos

? y la de **un polo + neutro**, tiene la misma apariencia que los bifásicos, pero la protección magnetotérmica es sólo para la fase, vienen marcados con una **N** para indicar donde se coloca el conductor neutro.

? La tercera versión es de **un polo + neutro**, **en un sólo módulo** (Figura 37), es igual que el anterior, pero en el mismo ancho que ocupa un monofásico.

Para la protección de **líneas trifásicas** se utilizan los de tres polos; comúnmente denominados **trifásicos**, (Figura 38) por regla general **el neutro no se hace pasar por el interruptor automático**. Pasa directo, sin corte.

Figura 38 MAGNETOTÉRMICO TRIFÁSICO

Cuando se prevé que puede haber cargas desiguales en las fases, y que el neutro tenga que soportar intensidades tan alta como la fase entonces es mejor usar los de **tres polos + neutro**, (Figura 39) o **tetrapolares**. En estos, se marcan el neutro con la **N**.

Si en este tipo de magnetotérmico, **no está marcado el neutro**, es porque **los cuatro polos son magnetotérmicos**, siendo indiferente donde se coloque el conductor neutro, auque siempre se coloque en un extremo, da igual cual de los dos se escoja.

Figura 39 MAGNETOTÉRMICO TETRAPOLAR

En la figura 40 se ha representado dos símbolos para un magnetotérmico unipolar; el primero marcado con una E es el símbolo más utilizado en Europa y el segundo, marcado A, es el preferido en América. En el "tema 2 Planos y croquis" se dieron los símbolos que se recomienda utilizar (símbolos 118 al 121)

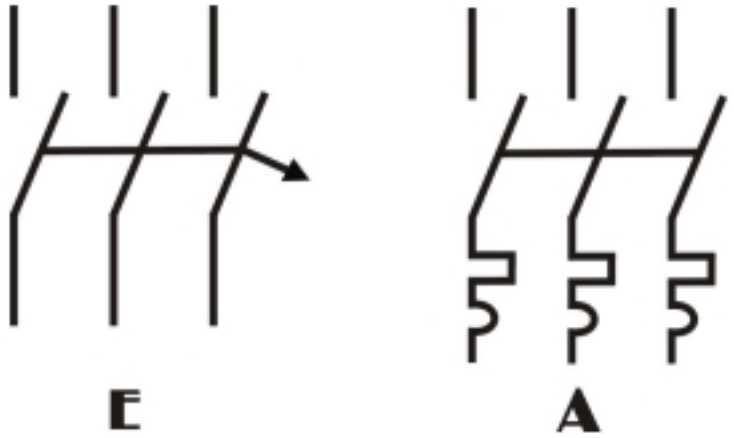


Figura 40 SÍMBOLO DEL MAGNETOTÉRMICO TRIFÁSICO

Los **interruptores magnetotérmicos,** se destinan principalmente a instalaciones domésticas industriales y terciarias, para ser usados de forma individual por cada circuito; lo que constituye un dispositivo automático contra la sobreintensidad y los cortocircuitos.

Nota:
El uso terciario es el que se le da cuando se instala en edificios de pública concurrencia; como son los hoteles, las escuelas, los bancos, donde se prevén desequilibrios en las cargas de cada una de las fases. En cuyo caso se recomienda que, para proteger adecuadamente el conductor neutro, se utilicen automáticos tetrapolares con los cuatro polos protegidos contra la sobre intensidad.

25. DIFERENTE ACTUACIÓN DE LOS MAGNETOTÉRMICOS

División de versiones por la curva de disparo

Dependiendo del uso a que se destinen los magnetotérmicos se fabrican en distintas versiones, cada versión se distingue una de otra por la característica de su curva de disparo

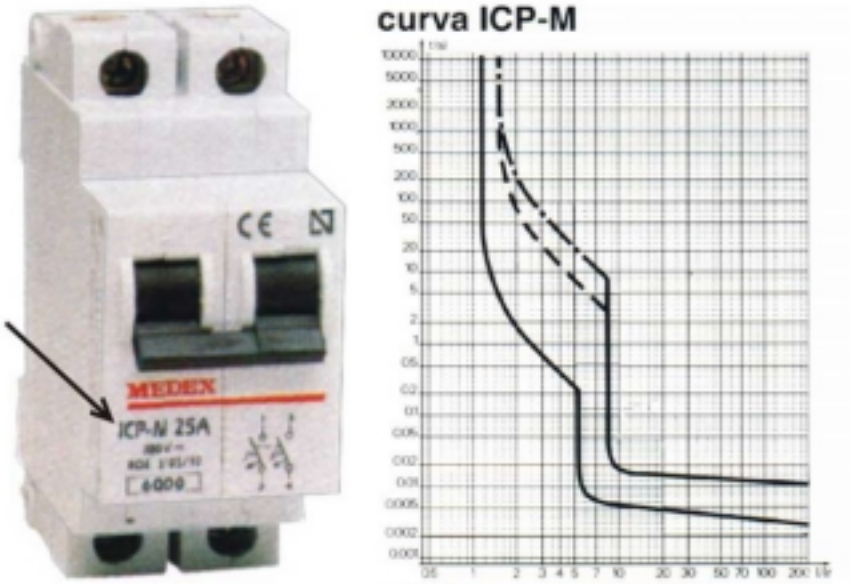


Figura 41 ICP-M y CURVA DE DISPARO

La **curva ICP-M**.- Se emplean como **interruptor de control de potencia de los abonados**, limitan de forma precisa el consumo cuando la potencia contratada es sobrepasada entre **5 y 8 veces la intensidad nominal**, el **nuevo reglamento prohíbe que puede utilizarse como interruptor automático general**. Como se venía haciendo hasta ahora, y exige que además del ICP se instale otro automático de interruptor general

Aunque se fabrican en todos los amperajes, los más empleados son los de **10 - 15- 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 63 Amperios.** De ellos, los más usados son **25, 40 y 63 A**

Se puede distinguir fácilmente, porque junto al amperaje, aparece la inscripción **ICP-M**, como se aprecia en la figura 41, y en la instalación porque está en compartimiento aparte y es el único que tiene precinto.

Interruptores automático magnetotérmico de **curva B** (antigua denominación curva **L**) de **1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 10 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 A**; están diseñados para instalaciones domésticas, industriales y terciarias, utilizables en la protección de **circuitos resistivos**. También para **la protección de cables**, actúan cuando la intensidad se sobrepasa entre **2'6 y 3'85 veces la nominal**.

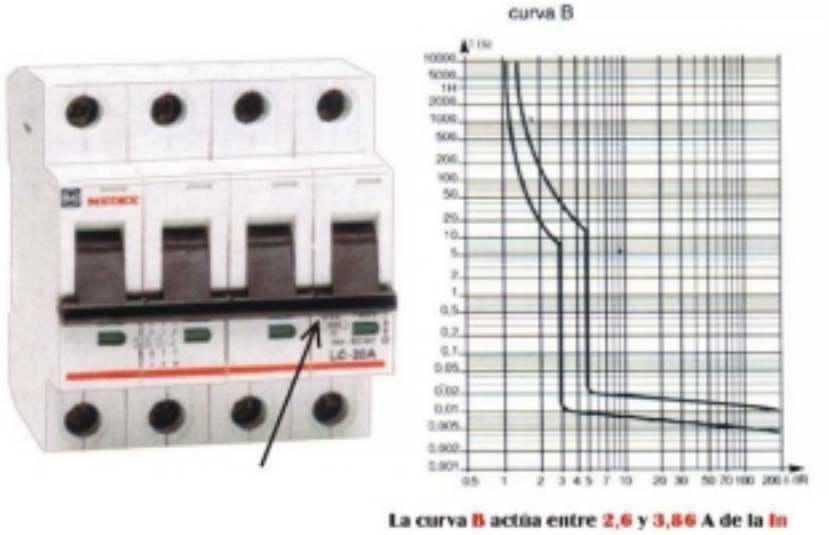


Figura 42 LOS MAGNETOTÉRMICOS DE **CURVA L** SON IGUALES A LOS DE **CURVA B**

Los interruptores magnetotérmicos de **curva C** (antigua denominación **curva U**) tiene un poder de corte y una velocidad de desconexión, que mejoran la selectividad respecto a los fusibles previos y el interruptor automático principal con un tiempo de disparo <10 segundos.

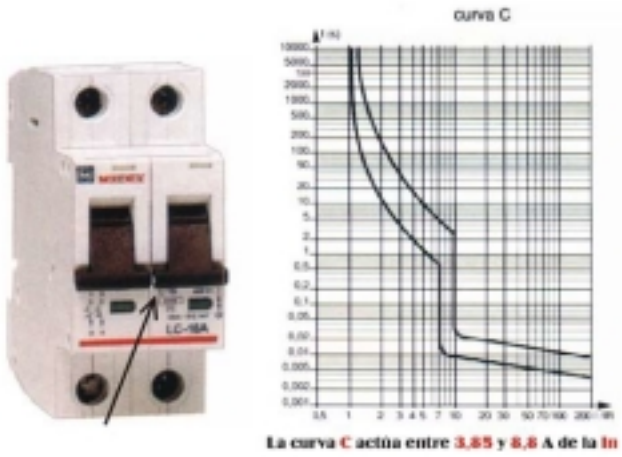


Figura 43 LOS MAGNETOTÉRMICOS DE **CURVA U** SON IGUALES A LOS DE **CURVA B**

Son utilizados principalmente, para la **protección de receptores en general**. Actúan entre **3'85 y 8'8 veces** la intensidad nominal del interruptor.

Curva D para la **protección de cables alimentando receptores con fuertes puntas de arranque**, se disparan cuando se sobrepasa la intensidad entre **10 y 14** veces la nominal.

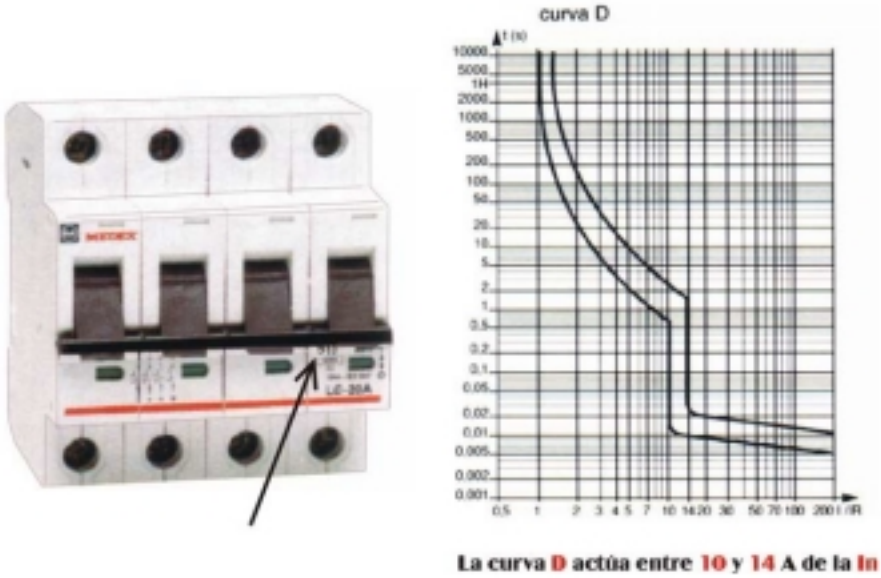


Figura 44 LA CURVA D SE UTILIZA EN LA PROTECCIÓN DE LÍNEAS CON FUERTES SOBRECARGAS

Para la **protección de motores durante el arranque**, están los magnetotérmicos de **curva MA** que se disparan **cuando la intensidad nominal es sobrepasada 12 veces**, también son recomendables para protección de condensadores y **en sustitución de fusibles** en circuito de mando y control

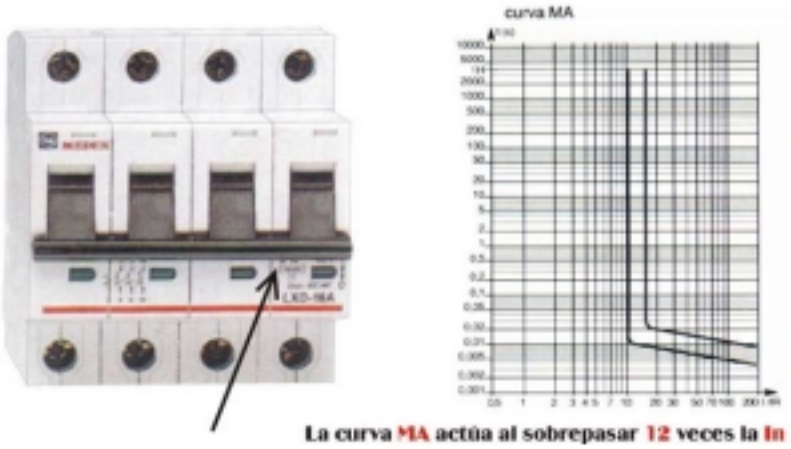


Figura 45 LA CURVA MA ACTÚA CUANDO SE SOBREPASA 12 VECES LA In

Con la **Curva Z** se **protegen los circuitos electrotécnicos y los circuitos de transformador de medida** se disparan **entre 2'4 y 3'6 veces** de la intensidad nominal; siendo, por tanto, **los más sensibles**.

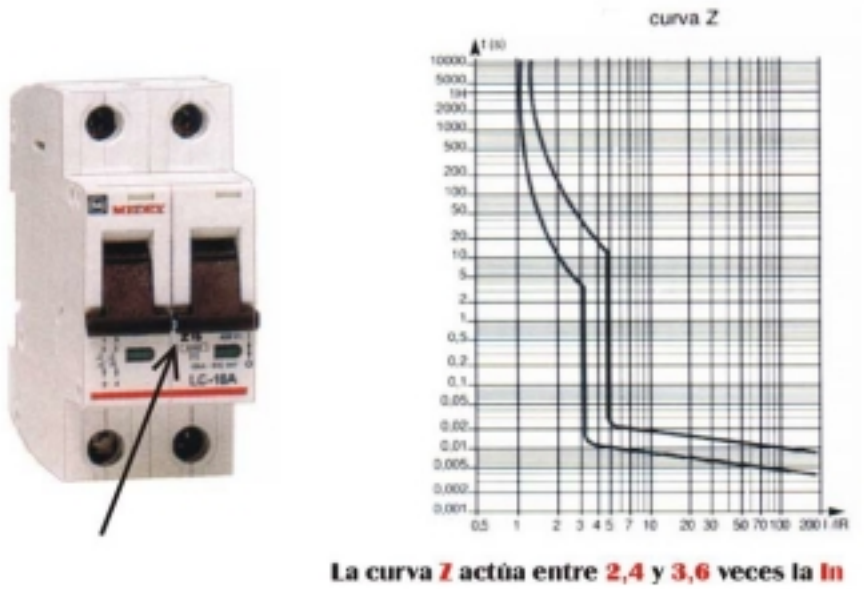


Figura 46 LA CURVA Z ACTÚA EN LA PROTECCIÓN DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Todos los magnetotérmicos tiene un **límite de poder de corte** bastante alto (**6 KA, 10 KA**); pero, en el caso muy improbable, de que se sobrepase este límite, y para evitar el deterioro del magnetotérmico; **se deben colocar, siempre, fusibles antes del interruptor automático**. Por lo tanto, el magnetotérmico no elimina por completo el uso del fusible; pero, para evitar que "salte" el **magnetotérmico**, **y a la vez funda el fusible**, lo que se hace es colocar **el fusible de un valor más alto**; con el fin de que la interrupción de la coriente sea selectiva.

26. PROTECCIÓN DIFERENCIAL

Sirven para detectar **las corrientes de defectos a tierra**, que eventualmente pudieran producirse en algún punto de la instalación, cortando automáticamente, dentro de un tiempo compatible con la seguridad de las personas, y proporcionando la seguridad de que **no se produzca un contacto indirecto**.

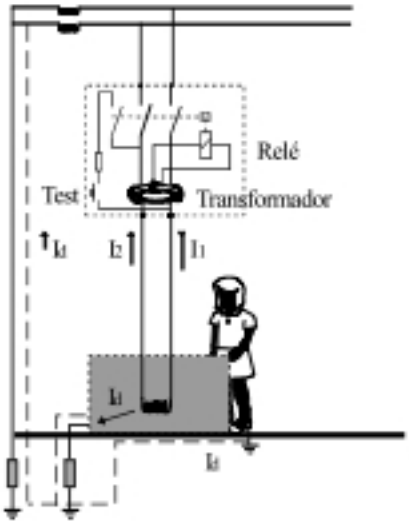


Figura 47 REPRESENTACIÓN DE LA CORRIENTE DE DEFECTO EN UN RECEPTOR

El **fundamento del diferencial está basado en el hecho de que la corriente eléctrica necesita un cable de ida y otro de regreso**. **El valor de la corriente de ida, tiene que ser igual a la corriente de regreso**; cuando el camino de la corriente de regreso encuentra un fallo de aislamiento, por este fallo se deriva una cantidad de corriente más o menos grande; dando lugar a una **diferencia de corriente entre el conductor de ida y la de regreso, este diferencia se llama corriente de defecto**.

En la figura 47, **I_1 es la corriente de ida**, **I_d la de defecto**, **I_2 será la corriente que regresa por el conductor de retorno**.

La detección de la corriente de defecto se efectúa por **un transformador toroidal**, (figura 48) a través del cual pasan **todos los conductores activos del circuito a proteger**. Cuando el nivel de aislamiento de la parte situada después del transformador es normal, **no se induce flujo en el circuito magnético, dado que en cada instante la diferencia vectorial entre la corriente de ida y corriente de regreso es nula (0)**.

Cuando se produce un defecto de aislamiento en el circuito protegido la suma de corrientes **deja de ser cero**, dado que la corriente de defecto retorna al generador a través del **circuito masa-tierra-generador**, sin atravesar el transformador toroidal. **La corriente de desequilibrio resultante -definida como corriente diferencial residual- crea un flujo magnético el cual induce una tensión en el arrollamiento secundario del transformador toroidal.** Esta tensión **convenientemente ampliada**, puede ser utilizada para regular un sistema de interrupción del suministro.

El valor de la corriente de defecto a partir del cual debe abrir automáticamente el **interruptor diferencial** estará supeditado al tipo de local que se quiere proteger, siendo de **30 miliamperios** para **locales húmedos o mojados** **y de 300 miliamperios para locales secos.**

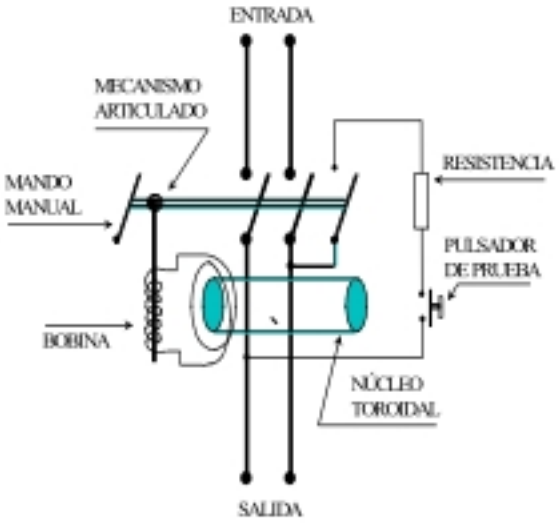


Figura 48 ESQUEMA DE UN INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Los **interruptores diferenciales** (figura 49) se "**arman**" o se "**montan**" igual que los magnetotérmicos mediante una articulación que pone en disposición de ser disparado con cualquier dispositivo electromecánico es capaz de abrir el circuito.

Figura 49 VISTA DE INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Físicamente se distinguen los diferenciales de los magnetotérmicos en que el diferencial tiene **un botón de prueba** (figura 50), que se utiliza para comprobar que se produce la desconexión en caso de producirse una diferencia de corriente entre la ida y la vuelta.

Este botón se aconseja usalo al menos **una vez al mes**, si no desconecta, convine sustituir el diferencial por otro nuevo

Figura 50 COMPARACIÓN ENTRE MAGNETOTÉRMICO Y DIFERENCIAL

Por el **interruptor diferencial** necesariamente han de pasar **todos los conductores** que protege, **sin olvidar el neutro**, mientras que **en los magnetotérmicos raramente se protege al neutro**, cuando se protege se emplea los magnetotérmicos tetrapolares.

Figura 51 SÍMBOLO DEL DIFERENCIAL

Los **interruptores diferenciales no protegen contra cortacircuitos ni contra sobrecargas**, incluso puede salir ardiendo un conductor y quedar sin funda protectora sin que llegue a desconectar. **Mientras que no se produzca la derivación a tierra, el interruptor no actúa.**

Lo que ocurre normalmente es que si se produce un incendio, se quema el tubo donde está alojado el conductor o se quema la funda del conductor tierra, y entonces se produzca la desconexión, pero en **el caso improbable de que esto no ocurra el conductor seguirá con tensión**, porque el **diferencial** no "**saltará**".

27. INTERRUPTORES COMBINADOS

MAGNETOTÉRMICO + INTERRUPTOR DIFERENCIAL

También se construyen interruptores que combinan los tres mecanismos descritos en un sólo aparato son los **Interruptores combinados magnetotérmicos y diferenciales** (figura 52) que se colocan en lugar de los dos anteriores. Protegen contra sobrecargas por disparo térmico, protección contra los cortocircuitos por disparo magnético, y también proporcionan protección contra los defectos de aislamiento.

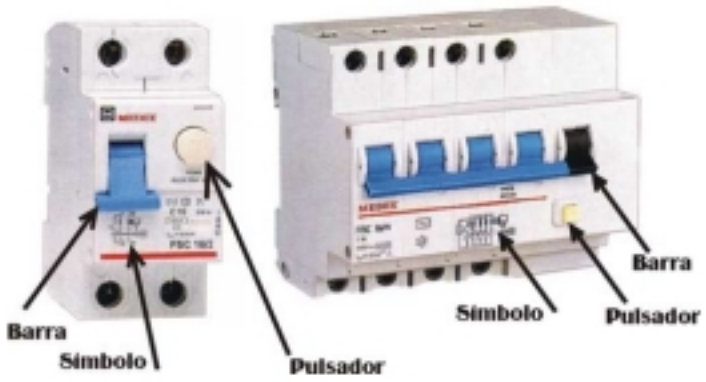


Figura 52 MAGNETOTÉRMICO + DIFERENCIAL COMBINADOS

No hay que hacer puentes, se conecta la entrada por arriba y la salida por debajo, la combinación es tanto eléctrica como mecánica, los dos se conecta y desconectan en una sola operación.

Como se observa en la figura 52, llevan pulsador test para verificación de funcionamiento diferencial y la manecilla frontal de rearme del dispositivo de corriente diferencial unida al sistema magnetotérmico.

En la figura 52, el interruptor combinado es **de una sola pieza**, pero también existen **de dos piezas, en el que se puede emplear un magnetotérmico cualquiera con un diferencial especial como se muestra en la figura 53**

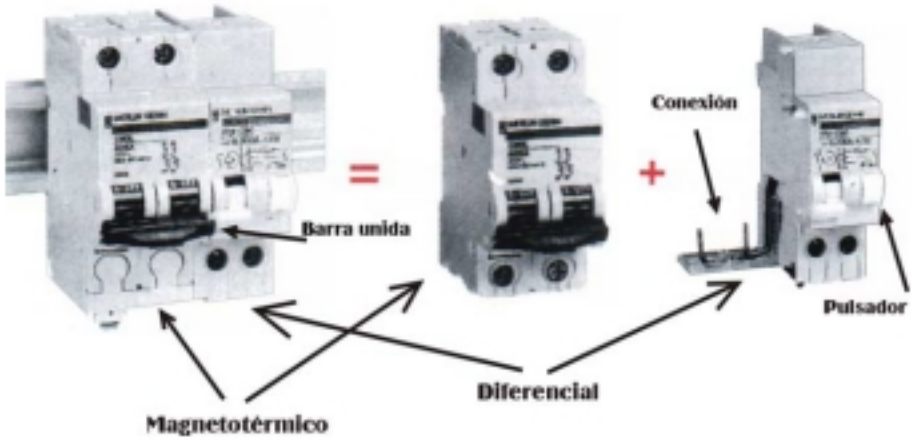


Figura 53 FORMACIÓN DE UN INTERRUPTOR AUTOMÁTICO COMBINADO

28. OTRAS VERSIONES DE DIFERENCIALES

Además de los diferenciales descritos como el

- Interruptor diferencial modular y
- Disyuntor diferencial (magnetotérmico + interruptor diferencial)

existen otros como el

-**Toroidal + relé** (**asociado a un automatismo de disparo**)
-Interruptores **diferenciales de altas sensibilidad 10 y 30 mA**

Cuando se sobrepasan los **50 amperios de consumo por fase** se emplean transformadores toroidales conectados a un contactor a través de un relé, en la forma que se aprecia en la figura 54; este relé lleva un potenciómetro de ajuste de la sensibilidad del aparato y dos botones de mando; uno, para prueba de verificación **T**, y otro, de rearme **R**, o puesta en funcionamiento.

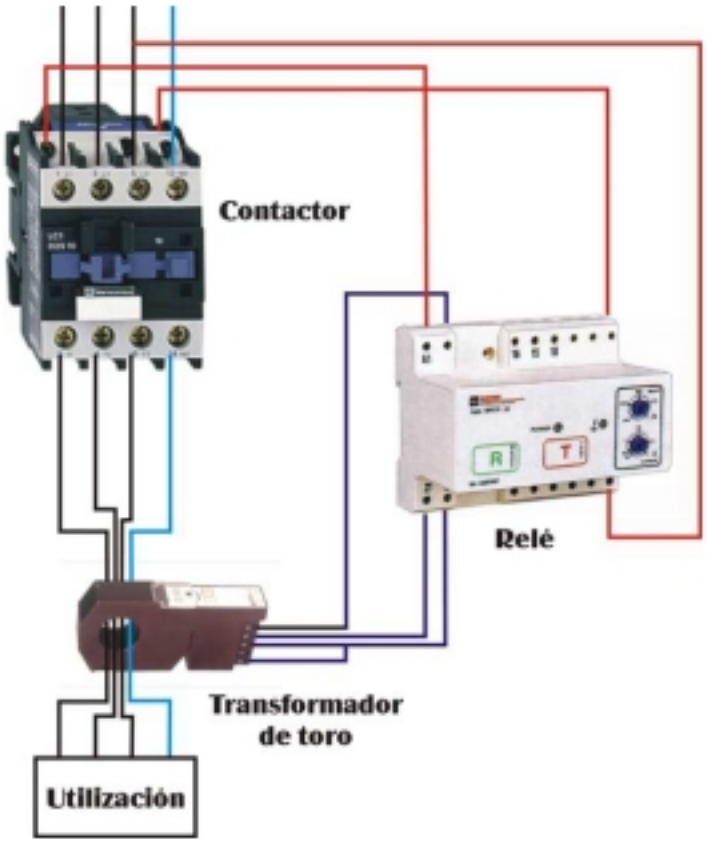


Figura 54 ESQUEMA DE CONEXIÓN DE UN INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE TORO

Cada fabricante tiene que dar el esquema de conexionado, el esquema de la figura 54 solo debe de verse como un ejemplo aproximado, las tres partes que componen estre sistema han de ir en el interior de un armario, y forma parte del cuadro general de mando.

En la figura 55 se representan otros **modelos de transformadores de toro**.

Figura 55 TRANSFORMADORES DE TORO

En la figura 56 se representa otra modalidad de toro, con un magnetotérmico + diferencial de toro separado con las conexiones ya efectuadas de fábrica, lo que ahora tiempo y evita los errores que pendieran darse con el esquema de la figura 54. El magnetotérmico se sirve por separado del diferencial.

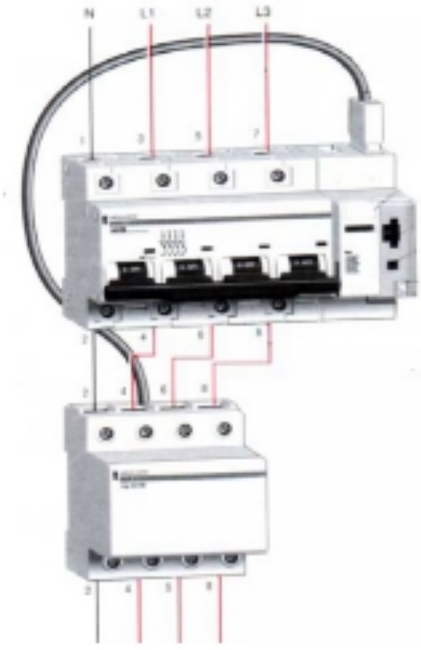
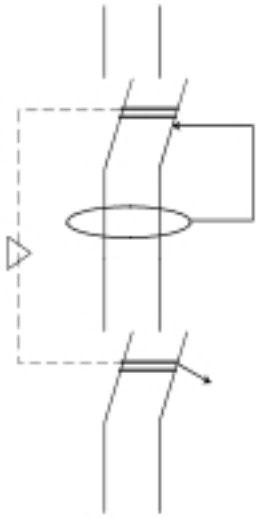


Figura 56 INTERRUPTOR DIFERENCIAL CON TRANSFORMADOR DE TORO SEPARADO

El símbolo de combinación de diferencial con magnetotérmico puede ser el de la figura 57



Fi gura 57 SÍMBOLO DE DIFERENCIAL + MAGNETOTÉRMICOS UNIDOS

29. NUEVA GENERACIÓN DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL

La protección diferencial, necesaria para la seguridad de las instalaciones, en algunas ocasiones entra en conflicto con la continuidad de servicio y se producen indeseables disparos intempestivos.

Cuando no existen causas que justifiquen los disparos del diferencial, y a veces incluso del magnetotérmico, generalmente estas anomalías se presentan debido a sobretensiones transitorias o picos de corriente producidas por varias razones, como condiciones atmosféricas extremas (tormentas), puntas de arranque, maniobras en la red, disparos de otros circuitos, uso elevado de receptores electrónicos, como balastros electrónicos, **dimers**, **variadores de velocidad**, **ordenadores**, etc. que perturban las líneas introduciendo en ellas o **derivando hacia tierra corriente de alta frecuencia** (Por encima de varios Khz). Estas corrientes en sí **no representan ningún peligro de electrocución para las personas**, el problema es que **puede producir el bloqueo o cegado del diferencial impidiendo que este actúe en presencia de otros defectos que sí sean peligrosos.**

Los **nuevos interruptores diferenciales** incorporan **filtros de alta frecuencia** necesarios para evitar o bloqueo o cegado del diferencial y mantenerlo siempre listo para actuar ante cualquier defecto peligroso. El fabricante llama a estos nuevos diferenciales **superinmunizados**, porque llevan un circuito que acumula la energía del transitorio, lo que permite discriminar si se trata de un defecto diferencial real, produciendo el disparo, o si se trata de un defecto transitorio intempestivo, que provocaría el disparo de un diferencial normal, en cambio los diferenciales superinmunizados, acumulan este exceso impidiendo la apertura.

Se presentan tres versiones de Interruptores Diferencial denominados

ID "si"

En **2 P**olos y **4 P**olos

Vigi C60 "si"

En **2 P**, **3 P** y **4 P**

DPN N Vigi "si"

En **unipolar + neutro**

En las tres versiones hay **dos grados de protección** los **instantáneos** (30 mA) y **selectivos** (de 300 mA)

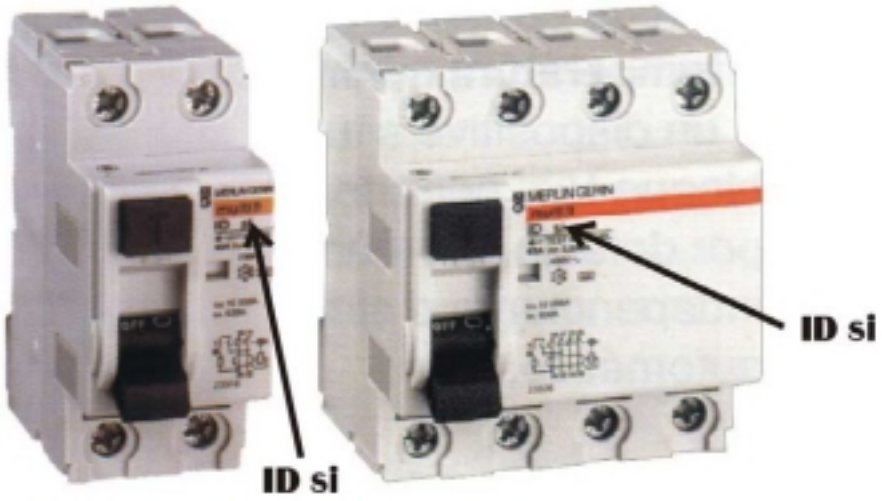


Figura 58 ID "si" DE 2P Y DE 4P

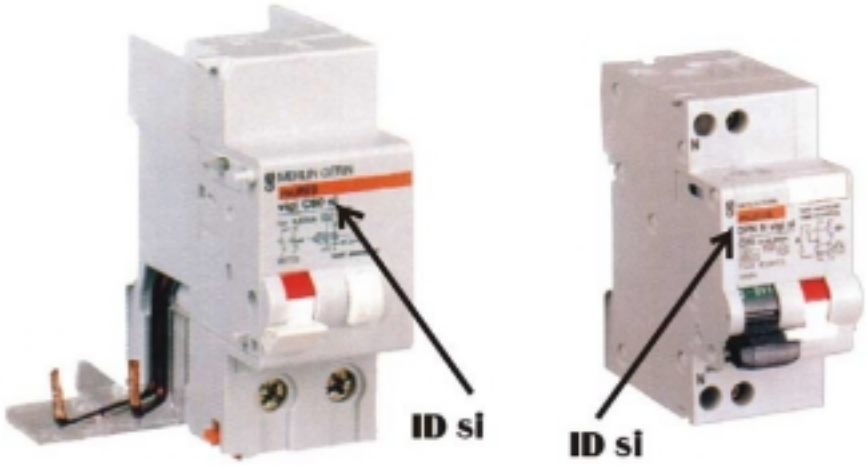


Figura 59 INTERRUPTOR DIFERENCIA TIPO DPN-N

Aplicaciones de los ID "superinmunizados"

Algunos receptores como son los **ordenadores, impresoras, aparatos ofimática**, llevan incorporados **filtros antiparasitarios**. **Estos filtros generan corrientes de fuga permanentes a 50 Hz del orden de 0,5 a 1,5 mA por cada aparato**, cuando hay varios receptores de este tipo en una misma fase las corrientes de fuga se suman. **Cuando la suma de fugas permanentes alcanza un valor próximo al 30 % de la sensibilidad nominal del dispositivo diferencial cualquier pequeña sobretensión o punta, como arrancar un ordenador más, provoca el disparo intempestivo del diferencial.**

Si el diferencia es de 30 mA el 30 % significa 9 mA, que dividido entre 1,5 mA dará el número máximo de ordenadores que pueden conectarse a una sola fase, 6. Por tanto, más de 6 ordenadores requiere un ID "si".

En el caso de que se disponga de **corriente trifásica**, las fugas de una fase con las de otra **se anulan entre sí**, dependiendo de lo equilibradas que estén las cargas lo estarán las fugas. Por tanto, **dividiendo las cargas entre las fases se impide el disparo del diferencial**, aunque la solución recomendada sea colocar un **ID "si" trifásico**, además de repartir las cargas.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 1
Equipos e instalaciones de distribución
y suministros de energía en Baja Tensión

Tema 5
Dispositivos de medida

Tema 5

Dispositivos de medida

ÍNDICE

1. Aparatos de medida 1
2. Aparatos electromagnético de cuadro móvil 1
3. Instrumentos electromagnéticos de hierro móvil 4
4. Aparatos electrodinámicos 5
5. Aparatos térmicos 6
6. Aparatos de inducción y electrostáticos 7
7. Voltímetros y amperímetros 8
    - Voltímetro de cuadro móvil 9
    - Amperímetro de cuadro móvil 10
    - Voltímetro de hierro móvil 11
    - Amperímetro de hierro móvil 12
    - Voltímetro electrodinámico 13
    - Amperímetro electrodinámico 13
8. Vatímetro 13
    - Vatímetro electrodinámico 13
9. Fasímetro 15
10. Aparatos de medidas especiales 17
    - Amperímetro de máxima lectura 17
    - Amperímetro de máxima lectura con contacto 18
    - Amperímetro doble 19
    - Amperímetro doble com máxima 19
    - Voltímetro con contacto de máxima y mínima 20
11. Frecuencímetro 21
12. Potencia reactiva 22
13. Aparatos especiales para grupos electrógenos en paralelo 22
14. Diferencias constructivas 23
15. Símbolos usados en los aparatos de medir corriente 25

Tema 5

Dispositivos de medida

1. APARATOS DE MEDIDA

Industrialmente se emplean los **amperímetros**, **voltímetros**, **vatímetros** y los **contadores**, para determinar **la intensidad de una corriente**, **tensión que existe entre dos conductores**, **la potencia que consume un receptor** y **energía que desarrolla una corriente eléctrica**. Son aparatos de construcción robusta, dimensiones reducidas, montaje fácil y de lectura directa.

En laboratorios se emplean aparatos más delicados, sensibles a las condiciones físicas y precisos con las corrientes débiles, se llaman **galvanómetros**.

Esencialmente el principio de funcionamiento de todos los aparatos de medida es el mismo, **al paso de la corriente se mueve una aguja sobre un cuadrante graduado**, siendo proporcional la desviación de la aguja con la intensidad de corriente que pasa. Así pues el estudio de los aparatos de medida se basa en las diferencias físicas entre unos aparatos y otros, ya que el principio físico es el mismo para casi todos, **el electromagnetismo**, aunque también, existen algunos pocos basados en otras propiedades de la corriente eléctrica, como es el calor, o la inducción.

Los aparatos electromagnéticos pueden ser:

De cuadro móvil e imán fijo
De bobina fija y de hierro móvil
Electrodinámicos
Térmicos
De inducción

2. APARATOS ELECTROMAGNÉTICOS DE CUADRO MÓVIL.

Consta de **un imán permanente fijo** en la carcasa del aparato y de **una bobina en forma de cuadro colocada entre los dos polos del imán, esta bobina va montada sobre un eje para que pueda girar libremente sobre sus ejes, solidaria con la bobina de cuadro está la aguja que se mueve dentro de un sector graduado**, las divisiones de este sector son proporcionales a la cantidad de corriente que pasan por la bobina de cuadro.

La bobina de cuadro al ser móvil necesitan que haya una unión del principio y el final de la bobina con la parte estática, esta unión se hace a través de dos conductores en forma de muelle, que a la par que comunican la corriente sirven de muelles antagonistas, que amortigüen las oscilaciones de la aguja, la aguja tiene un pequeño brazo en forma de cruz, donde se colocan unos contrapesos para equilibrar la aguja.

En el cristal de protección, y sobre el mismo eje de la aguja hay un tornillo con una leva excéntrica que girándolo con gran cuidado sirve para colocar la aguja en el cero de inicio de lectura, este ajuste solo es preciso hacerlo la primera vez que se coloca el instrumento en el cuadro de medida, no conviene tocarlo mucho porque se puede estropear de no hacerlo siempre con sumo cuidado.

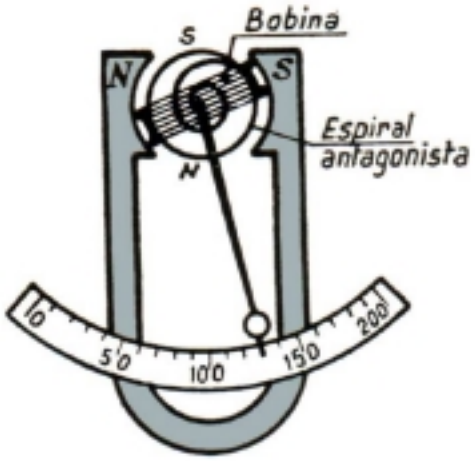


Figura 1 APARATO ELECTROMAGNÉTICO DE CUADRO MÓVIL

A fin de aumentar la fuerza del campo magnético, dentro de la bobina de cuadro se coloca un cilindro de hierro dulce, que no se representa en la figura.

Los aparatos de cuadro móvil requiere que, para que se produzca el efecto de desplazamiento de la aguja, la corriente que circule por la bobina sea continua y siempre en el mismo sentido, es decir que los bornes del aparato de medida tiene que ir marcada la polaridad de entrada de corriente con el signo +. En caso de equivocación, el desvío de la aguja se produce hacia el lado contrario de la escala graduada.

Para reconocer si un aparato de medida es de cuadro móvil se buscará en la carátula el cualquiera de estos dos símbolos

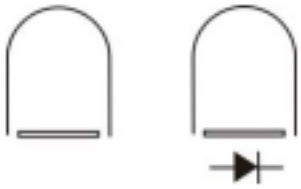


Figura 2 Símbolo para aparato de medida de cuadro móvil

Se construyen algunos pocos de estos tipos de aparatos con el cero en el centro de la escala, para que la aguja se desplace hacia el lado positivo o negativo de la escala. Si por error se conecta a corriente alterna, la aguja no se desplaza desde el lado positivo al negativo, se queda vibrando en el cero, desplazándose apenas unas décimas de milímetros.

Los aparatos electromagnéticos de cuadro móvil son para **corriente continua** se puede emplear para corriente alterna siempre que se intercale un rectificador de corriente, lo que provoca una ligera desviación de la aguja debida a la caída de tensión en el rectificador, por lo que el sector graduado tendrá dos escalas una para la corriente continua y otra para la alterna.

	Corriente Continua	Corriente alterna
En español	**CC**	**CA**
En inglés	**DC**	**AC**

La sensibilidad o el **grado de precisión** de estos aparatos es grande, o **muy precisos**, **según se quiera decir**, se llaman buenos aparatos aquello que tiene una bobina móvil con una resistencia de **20.000 ohmios (20 KΩ)**, y de **baja calidad** todos los que tengan una **resistencia menor (8 Ω)**. El consumo de este tipo aparato es mínimo, por lo son muy empleados en la búsqueda de averías en receptores de muy bajo consumo, generalmente en forma de aparato portátil con conmutador para medir, voltaje, resistencia, corriente, tanto en CC como en CA y con variación de escalas.

Precisión	Industriales
Clase 0,1	Clase 1
Clase 0,2	Clase 1,5
Clase 0,3	Clase 2,5

En los aparatos de medida, se coloca uno de estos seis números para indicar la precisión del instrumento

3. INSTRUMENTOS ELECTROMAGNÉTICOS DE HIERRO MÓVIL

La parte fija la constituye una bobina, en cuyo interior va alojada y soldada una lámina curvada de hierro dulce. **La parte móvil la forma la segunda lámina de hierro dulce, que va unida al eje de acero a la aguja indicadora.**

Al circular corriente por la bobina, las dos paletas se imanan con la misma polaridad y por tanto **se repelen entre sí**, obteniéndose una fuerza proporcional a la intensidad de la corriente.

La fuerza antagonista, opuesta a la fuerza activa de repulsión entre las paletas, se obtiene por medio de un contrapeso, lo que tiene la ventaja de no depender de un resorte, que con el tiempo pierde elasticidad.

Este sistema se utiliza con ventaja en los cuadros de distribución, en los que la posición de funcionamiento permanece invariable para siempre una vez nivelado en el momento de su colocación. Cuando se utiliza de tipo portátil el par antagonista se logra por medio de resortes.

Para evitar las oscilaciones de la aguja existe una pieza en forma de pala, solidaria con la aguja, esta pala se mueve dentro de una caja cerrada sin rozamiento, pero al ser cerrada, el movimiento de la pala comprime el aire con lo que se amortigua las oscilaciones de la aguja.

Cuando se cambia el sentido de la corriente, también cambia la imantación de las dos paletas experimentando igual repulsión, por tanto no se ve afectada por el cambio de polaridad, sirviendo indistintamente para corriente continua y alterna.

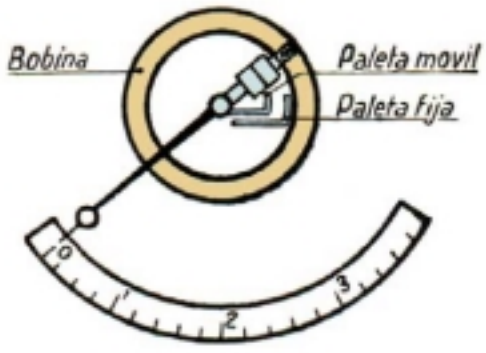


Figura 3 APARATO ELECTROMAGNÉTICO DE HIERRO MÓVIL

Para reconocer si un aparato de medida es de hierro móvil se buscará en la carátula el símbolo de la figura 4

Figura 4 Simbolo de aparato de medida de hierro móvil

4. APARATOS ELECTRODINÁMICOS

Estos aparatos tienen **dos bobinas**, **una fija de hilo grueso** y **otra móvil de hilo fino**, colocada esta en el interior de la bobina fija, cuando circula corriente por las bobinas, el campo creado por la bobina fija $\mathbf{H}_1$ y el creado por la bobina $\mathbf{H}_2$ de la bobina móvil se orientan dé manera que coincida sus campos magnéticos (Figura 5).

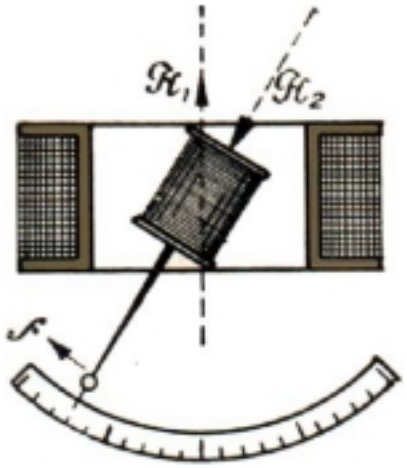


Figura 5 APARATO ELECTRODINÁMICO

Cuando la aguja se mueve en el sentido **f**, un par antagonista de dos muelles en espiral se opone a este movimiento quedando en equilibrio la bobina y con ella la aguja, cuando se compensa la acción reciproca entre las bobinas y el par de fuerza magnética. Son aparatos poco empleados, **se usan exclusivamente como vatímetros en corriente alterna**.

Para reconocer si un aparato de medida es electrodinámico se buscará en la carátula el símbolo de la figura 6

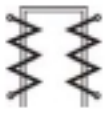


Figura 6 Símbolo para aparato de medida electrodinámico

5 APARATOS TÉRMICOS

Se basan en el principio de que todos los conductores al calentarse se dilatan, que esta dilatación es proporcional al calor, y como el calor, según la Ley de Joule, es proporcional al cuadrado de la corriente, dando lo mismo el sentido de la corriente y la naturaleza de esta.

Los alargamientos son siempre muy pequeños, de manera que las diferencias entre unos y otros tipos están en la forma de utilizar este alargamiento, como tipo base de todos ellos se utiliza el de la figura 4, con un hilo en los puntos A y B sobre el cual se enrolla debidamente aislado el conductor a b para que se caliente al circular la corriente y se produzca el alargamiento. El movimiento del hilo se transmite a la aguja por medio de un hilo que se enrolla sobre una polea colocada en el mismo eje del giro de la aguja indicadora. Un resorte, que acciona también una polea sobre le citado eje, mantiene siempre en extensión el hilo de transmisión.

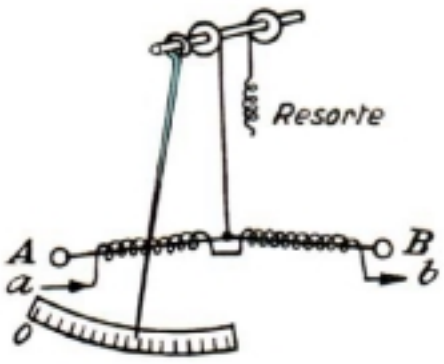


Figura 7 APARATO TÉRMICO

Estos aparatos no tienen amortiguador pues su movimiento es lento, lo que a veces puede ser un inconveniente. Sin embargo, el principal defecto es su gran consumo necesario para calentar el conductor. Para que no se vea afectada la longitud entre los puntos A y B, todos los materiales que intervienen en la construcción del aparato son de igual coeficiente de dilatación, para que todos sufran la misma dilatación. La principal ventaja de este tipo de aparato es que no le afecta los campos magnéticos exteriores.

Por los defectos expresados y por su elevado coste **son poco usados**.

El símbolo que en instrumentación se utiliza para reconocer un aparato de medida es térmicos se buscará en la carátula el de la figura 8

Figura 8 SÍMBOLO PARA APARATO DE MEDIDA TÉRMICO

6. APARATOS DE INDUCCIÓN Y ELECTROSTÁTICOS

Además de los aparatos indicados existen otros basados en el hecho de que **dos conductores aislados uno del otro se atraen o se repelen al estar electrizados**, son los aparatos electrostáticos y los de inducción. Por cuyo motivo les afectan mucho los agentes exteriores, y sus indicaciones no son muy precisas.

La principal ventaja es la de poder medir directamente altas tensiones sin necesidad de transformadores de tensión, por lo que casi exclusivamente se utilizan como indicadores de tierra. No son muy estables y se desarreglan con sobretensiones.

Figura 9 Instrumento electrostático

Principalmente se utilizan como voltímetros, y se representan colocando en la carátula del instrumento el símbolo de la figura 10

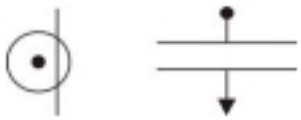


Figura 10 SÍMBOLO PARA APARATO DE MEDIDA POR INDUCCIÓN Y ELECTROSTÁTICO

En el mismo principio se basa la pértiga de tensión **de lámpara neón**, al aproximar la barra al cable de alta, se enciende para indicar la presencia de tensión en el cable.

Figura 11 CABEZA DE PÉRTIGA DE ALTA TENSIÓN

7. VOLTÍMETROS Y AMPERÍMETROS

Todos los aparatos se pueden usar como voltímetro o amperímetro, sin embargo requiere que se hagan unos ajuste en ellos para usarlo exclusivamente como de un tipo o de otro, en **los voltímetros**, que se colocan entre un conductor de ida y otro de vuelta, la preocupación principal es que no se desvíe mucha corriente por ellos, por lo que sus bobinas se construyen con hilo muy fino y de muchas vueltas a fin de ofrecer una gran resistencia al paso de la corriente. En cambio **los amperímetros,** que se colocan en serie con la carga a medir, la principal precaución es **que no produzcan caída de tensión, para ello el aparato se construye con hilo muy grueso y de pocas espiras**, para que la resistencia del aparato sea prácticamente nula.

Dependiendo de la constitución física del aparato se aplican distintas técnicas de construcción

Voltímetro de cuadro móvil

Para que la bobina de cuadro pueda girar, es preciso que tenga poco peso, por lo que la intensidad de corriente debe ser limitada, suele llevar en serie con el cuadro, resistencias bobinadas, la conexión del voltímetro puede ser cualquiera de las indicadas en la figura 12

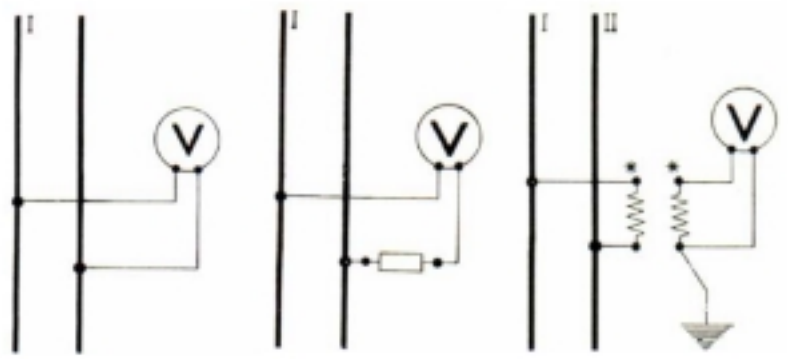


Figura 12 CONEXIONES DE VOLTÍMETRO

Figura 13 VOLTÍMETRO DE CUADRO

Amperímetro de cuadro

Los amperímetros de cuadro se pueden conectar directamente, siempre que la corriente sea de poca intensidad, porque al ser su bobina tan fina ni siquiera soporta un amperio, por lo que, trabajan con resistencias en paralelo con la bobina de cuadro. Esta resistencia va montada en el interior del aparato.

Esta resistencia interior es independiente de otra que se pone fuera a la que se llama Shunt (figura 16)

Figura 14 AMPERÍMETRO DE CUADRO

En la figura 15, se muestras las tres formas de conectar el amperímetro. Directo, con Shunt o usando un transformador de intensidad.

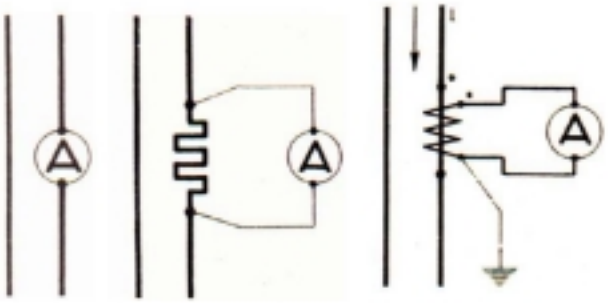


Figura 15 CONEXIÓN DE AMPERÍMETRO

El Shunt es una resistencia como el de la figura 16 con más apariencia de pieza de bornes, que de resistencia, como se observa e la figura mencionada.

Figura 16 SHUNTS

Voltímetro de hierro móvil

Al ser la bobina de mayores dimensiones, por lo general, no necesita la resistencia en serie, se puede conectar directamente a Red, pero debe protegerse con cortacircuito, ya que en caso de que se produzca un fallo de aislamiento se produciría un corto circuito en la entrada de corriente que podría ocasionar una avería muy importante.

Por lo general, el voltímetro se coloca siempre con un interruptor para tenerlo desconectado, la mayor parte del tiempo, tan sólo se conecta en el momento de proceder a su lectura, a veces incluso se coloca pulsador en vez de interruptor, lo más normal es que se coloque conmutador de varias posiciones para medir entre las distintas fases, o entre las distintas fases más el neutro, y posición de apagado.

En la figura 17 se ve un voltímetro de hierro móvil, y un conmutador de voltímetro de siete posiciones. En la figura 14 el voltímetro lleva incorporado el conmutador sobre el cristal protector del aparato.

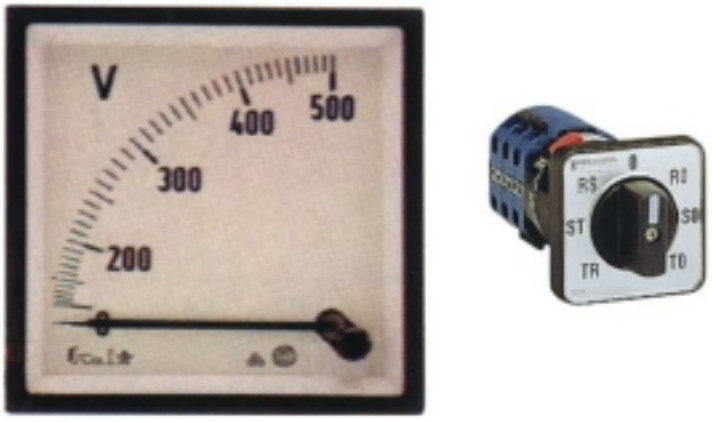


Figura 17 VOLTÍMETRO DE HIERRO MÓVIL Y CONMUTADOR DE VOLTÍMETRO DE SIETE POSICIONES

18 VOLTÍMETRO DE HIERRO MÓVIL CON CONMUTADOR INCORPORADO

Amperímetro de hierro móvil

Se construyen con hilo muy grueso, capaz de soportar hasta un 300 % la intensidad máxima permitida, no necesitan protección, se conectan permanentemente y uno por cada fase (Figura 19).

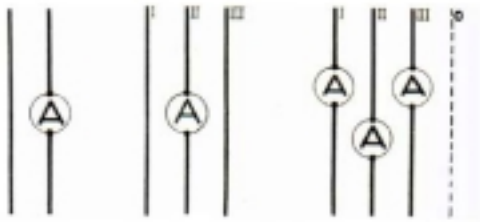


Figura 19 CONEXIÓN DIRECTA DE AMPERÍMETROS

Figura 20 AMPERÍMETRO DE HIERRO MÓVIL Y CONMUTADOR AMPERÍMETRO CUATRO POSICIONES

Voltímetro electrodinámico

Cuando se construye como voltímetro, la bobina móvil se coloca en serie con la fija, añadiendo además una resistencia para limitar la intensidad de corriente (Figura 17)

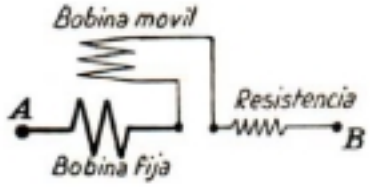


Figura 21 ESQUEMA DE VOLTÍMETRO ELECTRODINÁMICO

Amperímetro electrodinámico

Para hacerlo funcionar como amperímetro, la corriente de la bobina móvil se logra mediante una desviación del circuito, según la figura 22

Figura 22 ESQUEMA DE AMPERÍMETRO ELECTRODINÁMICO

8. VATÍMETRO

Vatímetros electrodinámicos

Basado en el mismo principio que el voltímetro y amperímetros electrodinámicos, lleva dos bobinas, una fija y otra móvil, la fija de hilo grueso y la móvil de hilo fino.

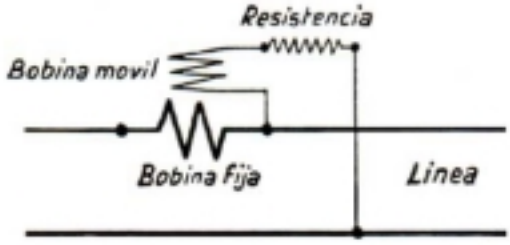


Figura 23 ESQUEMA DE VATÍMETRO ELECTRODINÁMICO

Haciendo que la corriente que circula por la bobina fija, sea atravesada por la corriente del circuito a medir, y que la corriente de la bobina móvil sea proporcional a la tensión de dicho circuito, el ángulo de giro de la bobina móvil será proporcional al producto de ambas, y por ellos, la potencia consumida por el circuito.

Los esquemas de la figura 24, son de tres formas diferentes de conectar los vatímetros monofásicos:

< Conectado de forma directa
< Con transformador de intensidad y toma de tensión directa
< Con transformador de intensidad y transformador de tensión.

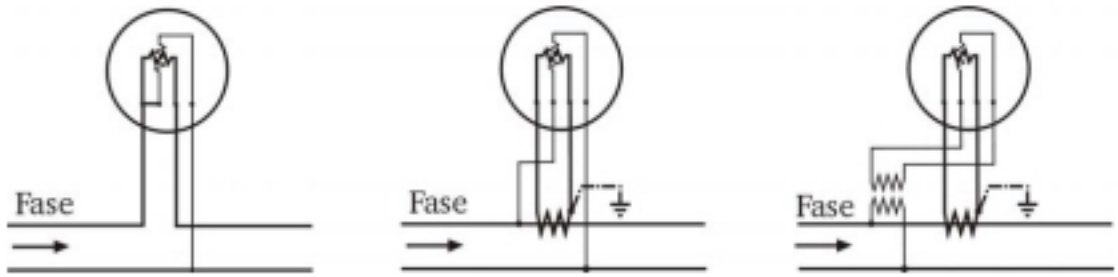


Figura 24 TRES FORMAS DE CONECTAR EL VATÍMETRO

El **Vatio** tiene un múltiplo llamado **Kilovatio**, que vale mil vatios, y se escribe **KW**.

1 KW = 1.000 W

Cuando se trata de coriente alterna trifásicas, la potencia se lee, en

kilo-voltio-amperios = K V A

que también se pronuncia ka-ve-as.

La potencia consumida por un circuito trifásico se mide con **vatímetros trifásicos**, en donde hay que tener en consideración si la carga es

< trifásica equilibrada
< trifásica desequilibrada o
< trifásica desequilibrada con neutro.

En cualquier caso la potencia total se obtiene por medio de dos vatímetros montados dentro de un solo aparato, como muestran las figuras del dibujo 25

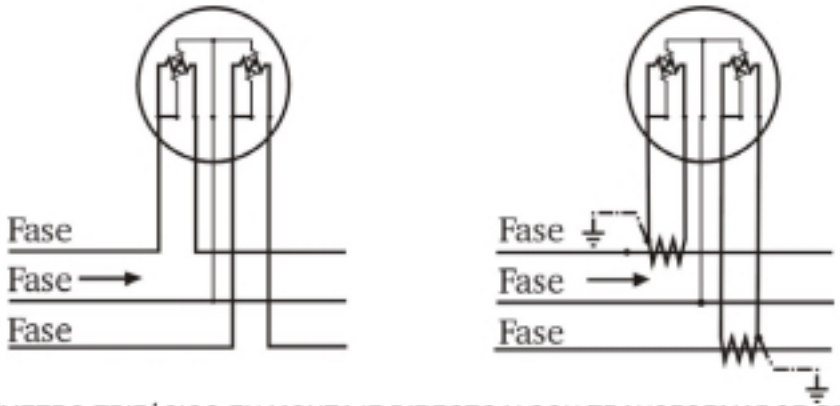


Figura 25 VATÍMETRO TRIFÁSICO EN MONTAJE DIRECTO Y CON TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD

El vatímetro solo tiene una aguja, con dos bobinas fijas y dos bobinas móviles unidas. El aspecto exterior en la figura 26

26 VATÍMETRO

9. FASÍMETRO

Se comprueba con el montaje de la figura 25, que cuando la corriente no es continua que la lectura de los vatios no es el mismo producto que se obtiene de multiplicar los amperios por los voltios de sacados de un amperímetro y un voltímetro; Es decir: **A x V no es igual a W**, esto es así, porque en corriente alterna existe un factor de potencia llamado **cos** n de un valor siempre menor de 1

Este valor en corriente monofásica se determina por la fórmula

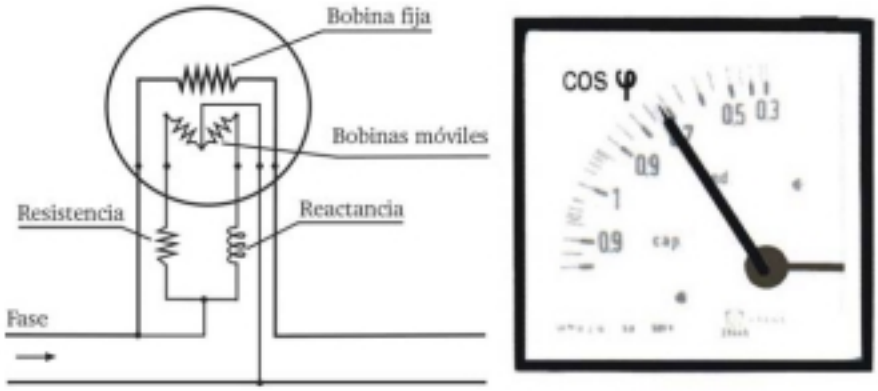
$$\cos\varphi = \frac{P}{V.I}$$

De la fórmula de la potencia trifásica P = / 3 V.I. cos n se deduce que:

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3}.V.I}$$

Los aparatos que determinan directamente el valor de ***cos n*** se llaman **fasímetro**, son de **tipo electrodinámicos**, con una bobina fija, recorrida por la intensidad de corriente y otras dos móviles y solidarias entre sí formando ángulo recto, una de las bobinas se une a la tensión en serie con una resistencia y la otra en serie con una autoinducción.

En la figura 27el esquema de **un fasímetro monofásico**. Si la corriente fuese trifásica, la resistencia en serie y la autoinducción en serie se conectan a fases diferentes.



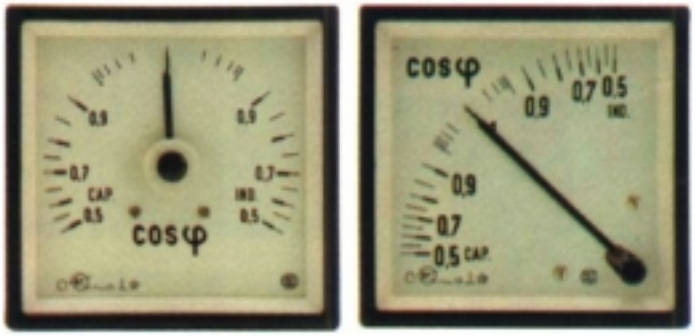
27 FASÍMETRO ELECTRODINÁMICO MONOFÁSICO

El factor de potencia de una instalación siempre ha de ser de autoinducción, pero también pudiera ser que de haber en el circuito condensadores de alta capacidad, el factor de potencia fuese capacitativo o negativo, lo cual está prohibido.

Actualmente los **fasímetros** también se construyen utilizando componentes electrónicos. En la figura 29, se observa que el inicio de lectura (Que corresponde al factor 1), está en el centro de la escala, siendo la lectura hacia la derecha la que indica el valor positivo del coeficiente inductivo y la lectura hacia la izquierda el valor negativo del coeficiente capacitativo, donde no debe de marcar.

Para eliminar el valor negativo la solución es desconectar condensadores, para hacer que el valor de la inductancia no sea alto (próximo a 0,5) se colocan condensadores. Mantener el factor de potencia entre unos límites aceptables, se consigue sólo con condensadores.

Se dice que un circuito es de **B**ajo **F**actor (**BF**) cuando su valor es próximo a 1 y **A**lto **F**actor (**AF**) cuando es próximo a 0,5. (Cuando el factor de potencia sea tan alto que llegue a 0'4, las compañías de suministro eléctricos está autorizadas, previo expediente, a suspender el suministro).



29 DOS FASÍMETRO ELECTRÓNICO

Los equipos fluorescentes que se adquieren en el comercio, listos para conectar, pueden ser de bajo factor de potencia **BF**, o de alto factor de potencia **AF**. Según lleven, o no, un pequeño condensador que compense la reactancia del tubo fluorescente.

10. APARATOS DE MEDIDA ESPECIALES

Amperímetro de máxima lectura.

Lleva una aguja indicadora de color rojo que es arrastrada por la aguja normal.

Cuando el consumo baja, desciende la aguja normal (negra), quedando señada lectura máxima hasta que se actúa sobre el botón (figura 30).

Figura 30 AMPERÍMETRO DE MÁXIMA

Amperímetro de máxima con contacto. Además de la aguja de máxima lectura, lleva una segunda aguja para que cuando el consumo llegue a este tope se cierre un contacto, con una luz testigo que se enciende figura 31.

Figura 31 AMPERÍMETRO DE MÁXIMA CON CONTACTO

Amperímetro doble, uno electromagnético y otro de máxima (Figura 32)

Lleva dos agujas opuestas y dos escalas en una única carátula, una aguja se mueve poe debajo y la otra en un nivel superior

32 AMPERÍMETRO DE MÁXIMA + ELECTROMAGNÉTICO

Amperímetro doble con máxima, uno electromagnético y otro de máxima con contacto

Es básicamente el mismo anterior, al que se la ha añadido una luz piloto que marcará cuando la aguja indicadora llegue al tope fijado por el tope fino (en la figura 33 posicionado en 90 A). El tope se fija con el tornillo de color azul claro.

Figura 33 AMPERÍMETRO DE MÁXIMA CON CONTACTO + ELECTROMAGNÉTICO

Voltímetro con contacto de máxima y mínima (Figura 34)

Siempre que se alcance el voltaje máximo (posicionado mediante regulador) se encenderá el piloto de máxima. Cuando baje la tensión de la posición establecida se encenderá el piloto de mínima. Son voltímetros especiales para grupos electrógenos y normalmente estarán siempre conectados, sin interruptor de apagado.

Figura 34 VOLTÍMETRO CON CONTACTOS

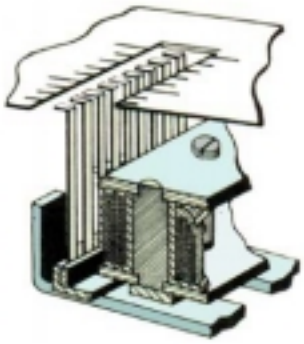
Voltímetro doble

Se utiliza para conectar **grupos de distintos suministros en paralelo**, en el momento de alcanzar el mismo voltajes, estando separados no se aprecia bien la exactitud, como cuando están juntos.

Figura 35 VOLTÍMETRO DOBLE

11. FRECUENCÍMETRO

Existen dos tipos de vibración y analógicos, los de vibración consiste en una serie de láminas con su extremidad pintada de blanco para mejor visualización. Colocadas las láminas cerca de un electroimán, la lámina que coincide con la frecuencia del electroimán se pone en vibración, indicando la lectura, figura 36.

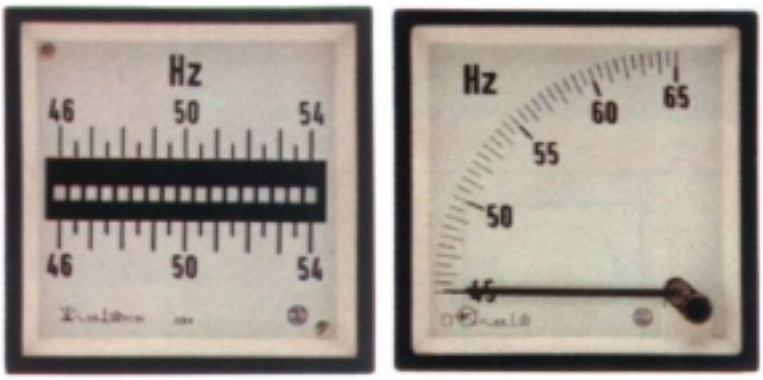


36 CORTE DE UN FRECUENCÍMETRO DE LÁMINAS

El sistema de funcionamiento vibrante sólo se usa en los frecuencímetros, pero los frecuencímetro, no son todos de sistema vibrante, los también electrónicos.

Figura 37 SÍMBOLO DE SISTEMA VIBRANTE PARA APARATOS DE MEDIDA

En la figura 38 puede observarse la diferencia entre el frecuencímetro de láminas y el electrónico.



38 FRECUENCÍMETRO DE LÁMINAS VIBRANTES Y DE AGUJA

12. POTENCIA REACTIVA

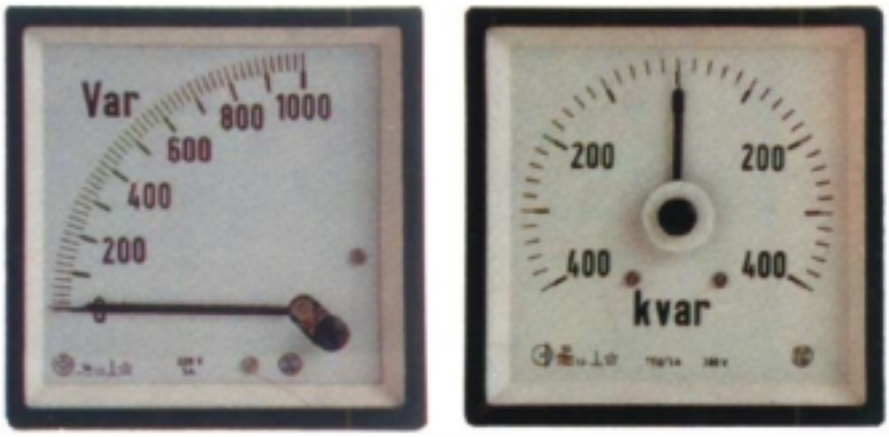
En corriente alterna se produce una **potencia activa** y una **potencia reactiva**, esta última perjudicial para el transporte de la energía. **La energía reactiva se mide en voltamperios reactivos.** Se escribe

Var

El aparato que lee la potencia reactiva se llama **Vármetro**. La **potencia reactiva** tiene la fórmula:

$$P = \sqrt{3}.V.I.sen\varphi$$

En la figura 39 se representa dos vármetro, en primero para lectura en voltamperios reactivos y el segundo para lectura en Kilovoltamperios reactivos.



39 VÁRMETRO Y KILOVÁRMETRO

13. APARATOS ESPECIALES PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS EN PARALELO

Acoplar un generador con otro para obtener una potencia superior a la de uno solo, requiere que la operación se haga cuando ambos generadores estén en iguales momentos, ello obliga a tener aparatos de doble lectura; para hacer el acoplamiento únicamente cuando ambos grupos funcionen a la misma frecuencia y tengan el mismo voltaje, pero además es preciso que el acoplamiento se haga en el instante en que los dos grupos estén en sincronismo.

Los aparatos que se muestran a continuación en la figura 40 son para este fin, los cuales no se describen; porque de alguna forma ya se ha hecho anteriormente, y sería repetitivo. No obstante aparece uno nuevo, sin numeración en la carátula, este halla la diferencia entre la tensión de un y el otro indicando cual de los dos es mayor, el acoplamiento solo es posible cuando marque cero. Se denomina voltímetro de cero

Figura 40 TORRE DE SINCRONIZACIÓN

14. DIFERENCIAS CONSTRUCTIVAS

El aspecto físico de amperímetros y voltímetros no difiere más en el símbolo de **A** (Amperímetros) y **V** (Voltímetros), las dimensiones son las mismas, para que puedan montarse juntos. El tamaño que se elija dependerá de la distancia a que se tenga que tomar lectura.

Las medidas comerciales son:

Cuadrados:	Rectangulares
48 x 48	80 x 64
72 x 72	105 x 80
96 x 96	130 x 100
144 x 144	144 x 72

Para montaje en carril Din

Medida de cuatro módulos de ancho (lo mismo que un magnetotérmico de cuatro polos)

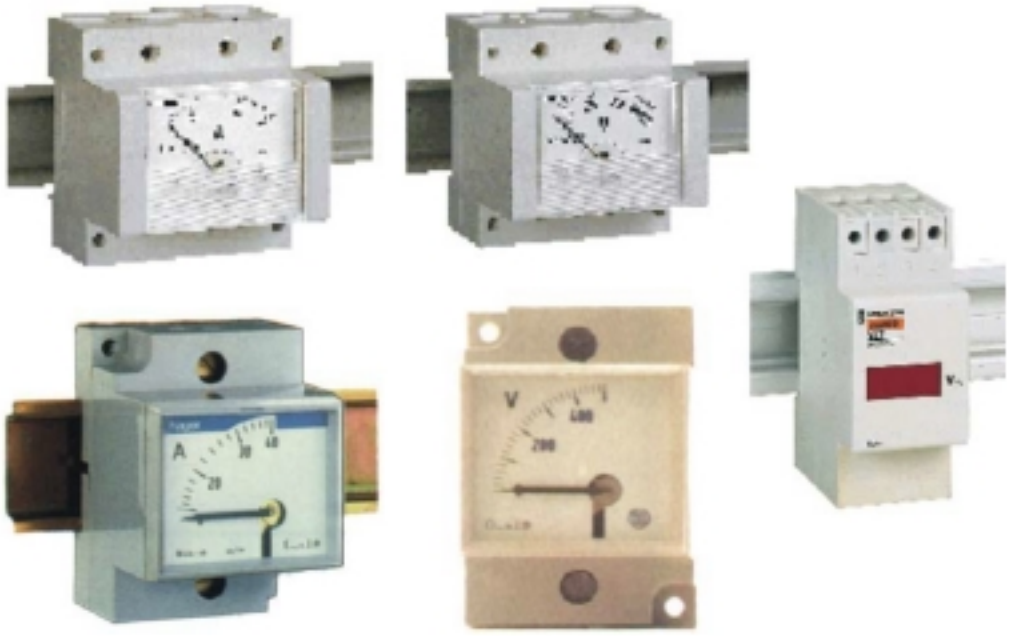


Figura 41 APARATOS DE MEDIDA PARA COLOCACIÓN SOBRE RIEL

Para disminuir los niveles del almacenaje los aparatos de medida se fabrican con carátulas intercambiables, por un lado los almacenes sirven el aparato de medida y por el otro la carátula, solo hay que colocarlas como se indica en la figura 42

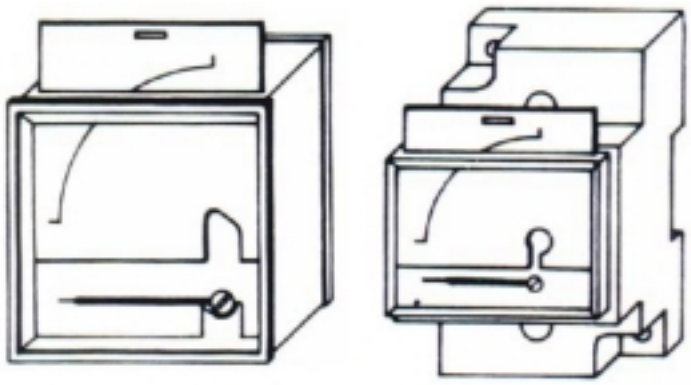


Figura 42 COLOCACIÓN DE CARÁTULA

La colocación de la carátula ha de hacerse con mucho cuidado para no dañar la aguja, se debe de mirar de frente al aparato antes de dar el último apretón, y luego se colocará la tapa para que no entre polvo por encima y para que la carátula no se mueva de su alojamiento.

Siempre que se coloca un aparato de medida en su alojamiento definitivo, se coloca la aguja en el cero inicial de lectura; para ello, se gira com mucho cuidado el tornillo que hay sobre el cristal de protección, este mueve un tope excéntrico que actúa directamente sobre la aguja del aparato, moviéndolo media vuelta a la derecha o media vuelta a la izquierda sin dar nunca una vuelta completa.

15. SÍMBOLOS USADOS EN LOS APARATOS DE MEDIR CORRIENTE

Exteriormente la construcción de un aparato de medida no difiere de un sistema a otro, sin embargo, dentro de la carátula se distinguen cinco símbolos, que nos indica:

< Mecanismo que utiliza el aparato de medida
< Corriente a la que funciona
< Fiabilidad en la precisión de lectura
< Posición de funcionamiento
< Grado de protección

Junto a estos símbolos aparece también la marca de la compañía constructora

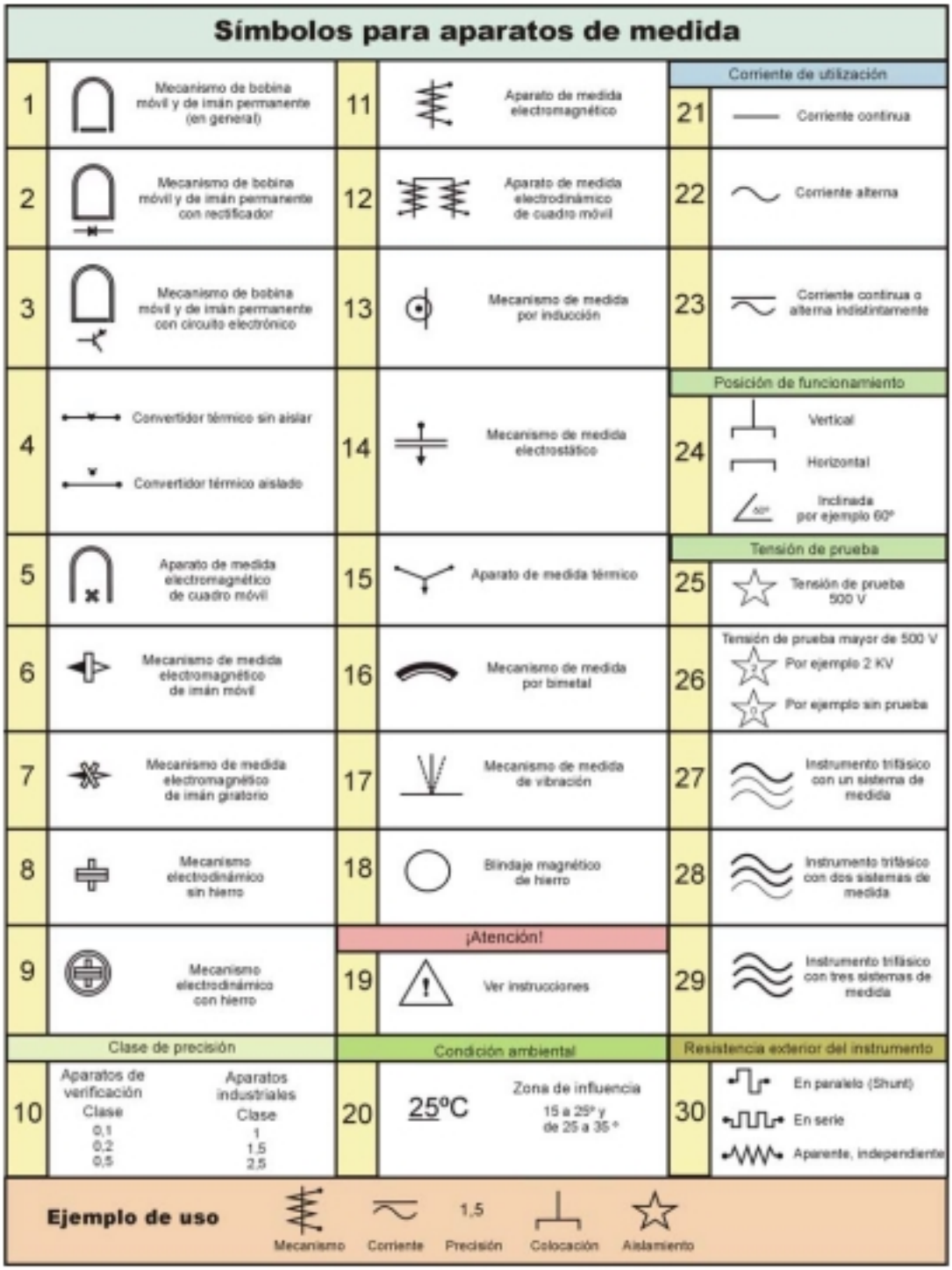


TABLA 1 SÍMBOLOS DE APARATOS ELÉCTRICOS

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 1
Equipos e instalaciones de distribución y suministros de energía en Baja Tensión

Tema 6
Dispositivos de medida para verificación y control

Tema 6

Aparatos de medida

1. Aparatos de verificación, Patrones 1
2. Patrones portátiles 1
    - Voltímetro y amperímetro portátil 1
    - Otros aparatos portátiles menos usados 2
3. Polímetros 2
4. Óhmetro 4
5. Megger 4
6. Resistencia de aislamiento de una instalación 5
    - Medir la resistencia de aislamiento de una instalación 5
    - Medir la resistencia de toda la instalación con respecto a tierra 6
    - Hallar la resistencia entre cada conductor y tierra 6
    - Comprobar el aislamiento entre conductores 7
7. Telurímetro 8
    - Mediciones de resistencias de tierra 8
8. Secuenciadores 10
9. Pinza amperimétrica 12
10. Aparatos de medida de obligada tenencia 13
    - Categoría electricista básico 13
    - Telurómetro 13
    - Medidor de aislamiento 13
    - Multímetro o tenaza 14
    - Medidor de corriente de fuga 14
    - Detector de tensión 15
    - Analizador registrador de potencia y energía 15
    - Verificador de la sensibilidad de disparo de los diferenciales 16
    - Verificador de la continuidad de conductores 16
    - Luxómetro 17
    - Electricista de categoría especialista 18
    - Analizador de redes 18
    - Comprobador del dispositivo de vigilancia nivel aislamiento de los quirófanos 18
    - Equipos especiales para electricistas 19

Tema 6

Aparatos de medida

1. APARATOS DE ERI ICACIÓN PATRONES

Por regla general los aparatos de medida colocados de manera permanente en los cuadros y equipos son los más económicos, y por tanto los menos sensibles; a no ser que el equipo requiera precisión y entonces los aparatos se colocan de cuadro móvil, en ves de hierro móvil.

Existen aparatos portátiles y robustos, muy fiables que se utilizan para contrastar los fijos, se les llaman **patrones: voltímetro patrón amperímetro patrón vatímetro patrón**, etcétera.

Para localizar averías y comprobaciones previas **no se usan los patrones**, sino aparatos sensibles (de cuadro móvil) cuyo uso ya se ha explicado.

2. PATRONES PORTÁTILES

Con caja de madera, bornes de conexión rápida de una sola escala, o de varias, en cuyo caso tiene **un borne com n** más **un borne por cada escala**.

oltímetro y amperímetro portátil

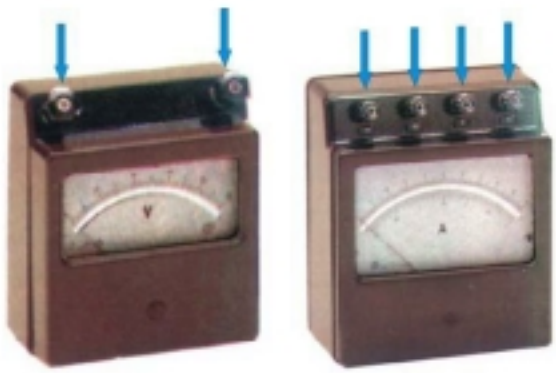


Figura 1 VOLTÍMETRO AMPERÍMETRO PORTÁTIL

Otros aparatos portátiles menos usados

Figura 2 PATRONES DE MEDIDA MENOS FRECUENTE

3. POLÍMETRO

Aparato portátil que se utiliza principalmente para localizar averías, especialmente en circuitos electrónicos, son de cuadro móvil y de gran sensibilidad 20 Ω para la corriente continua (**DC**), cuando se usa en corriente alterna (**AC**) es a través de rectificadores, que les hacen perder sensibilidad pudiendo quedar en 8 Ω, la posición de trabajo es la horizontal, al ser portátiles la aguja suele perder con facilidad el cero inicial, por lo que conviene antes de nada, comprobar si marca cero, y si es preciso rectificar la puesta a cero con el tornillo de ajuste que hay sobre el eje de giro de la aguja.

Estos aparatos, llevan una clavija (o ac), que es común para todas las medidas, donde se encaja la **punta de prueba de color negro**. La **punta de prueba de color rojo**, unas veces se encaja en un punto u otro según lo que se desee a medir. Las medidas más utilizadas son:

- **oltajes en continua**, hasta cinco valores para final de escala.
- **oltajes en alterna**, hasta cuatro valores para final de escala.
- **Medidas de resistencias**, multiplicando la lectura del aparato por 1, por 10 o por 1000.
- **Comprobación de continuidad**, por medio del sonido de un zumbador (Buzz).
- **Comprobador corriente**, para lectura directa en valores de grados de milésimas de amperios en corriente continua, o hasta 5 A, o 10 A en corriente alterna, según aparatos.
- **Otras mediciones**: todos los aparatos de medida tienen las posibilidades mencionadas anteriormente, dependiendo de marcas, algunos tienen, además, comprobación de baterías, medidor de capacidad, medidor de decibelios, pero no todas estas posibilidades sino una sola de ellas.

Para la medición de resistencias el polímetro necesita una pila, que se coloca dentro del aparato quintando la tapa, esta pila debe ser alcalina. En caso que se utilicen las normales de tipo seca (estándar), si se deja demasiado tiempo si usar existe el riesgo de que se perforen y se derrame el ácido averiando el aparato.

Cuando se va a efectuar una medición de resistencias, primeramente se unen las puntas de prueba, y se ajusta la lectura de la aguja al cero en la escala de ohmios. Se hace esto, actuando sobre el potenciómetro de ajuste, después de esta operación previa se efectúa la lectura, pero teniendo en consideración que la lectura de ohmios es en sentido contrario a como se lee las demás medidas, es decir que el cero está a la derecha y el infinito a la izquierda.

En la figura 3 aparece un polímetro analógico, otro digital y otro electrónico.

Figura 3 POLÍMETROS DE DIVERSAS GENERACIONES

Medir con un digital, presenta la ventaja de que el conmutador no tiene tantas escalas. Para voltios, algunos llevan un conmutador para corriente continua o alterna, otros son automáticos y aparece en la pantalla **DC** o **AC**. Si la tensión sobrepasa la capacidad del aparato, dentro de un límite razonable, el aparato se desconecta por si solo sin que se estropee, lo que no ocurre con el analógico, que con que se equivoque de escala, es suficiente para que se inutilice. Sin embargo, la lectura se hace algo lenta porque los números se van sucediendo arriba y abajo hasta que se estabiliza, si no se hace la suficiente presión, y se mueve las puntas de prueba, la lectura parece que se ha vuelto loca, cambiando de 200 a 30 y luego a 230; este síntoma es porque no se hace buen contacto midiendo voltaje, finalmente, si, se llega a estabilizar cambiando solo el último dígito una cifra arriba y abajo sin acabar de estarse quieto, es porque la lectura es medio entero, por eso sube, pero como rebasa baja uno y como es poco sube uno, la lectura exacta es la del dígito más bajo mas medio.

El polímetro digital necesita la pila para todas las mediciones, mientra que el analógico solo la usa para medir continuidad y resistencias.

El polímetro en inglés se escribe Tester, de aquí que se haya castellanizado esta palabra, y al medir con un Tester se le llame **testear**.

El Polímetro lleva un fusible de cristal de pocos amperios (entre 0,5 y 2 A, la mayoría) para que se funda en caso de una equivocación, nunca se debe de poner otro de mayor intensidad en caso de que funda.

Todas las resistencias que llevan interiormente estos aparatos son muy exactas, y de valores fuera de lo común, cuando una de estas resistencias se quema, **no merece la pena intentar reparar el aparato**, puesto que la lectura que nos va a var será errónea forzosamente, ya que habrá descompensado el equilibrio de valores, lo más inteligente es tirar el aparato y comprar otro nuevo, puesto que los hay desde 6 euros.

El esquema de conexión difiere mucho de una marca a otra, siendo para medir voltajes y continuidad el de resistencias en serie a través de un conmutador, y las resistencias en paralelo para medir intensidades.

4. ÓHMETROS

El óhmetro también llamado ohmímetro, se usa para medir resistencias, estas pueden ser muy bajas, en el caso de conductores, o muy altas en el caso de aislamiento entre un conductor y otro.

Cuando se trata de medir aislamientos, este es del orden de 250.000 ohmios como mínimo, por lo que se emplean aparatos que miden del orden del millón de ohmios (**MΩ megaohmios**) el aparato que se utiliza se llama **Megger**.

5. ME ER

La tensión necesaria la proporciona **un generador de manivela de imán permanente** magneto como el de la figura 4.

Modernamente la magneto ha sido sustituida por una pila y un circuito electrónico que eleva la tensión necesaria, como por ejemplo, los medidores de resistencia de tierra, llamados Telurímetro.

Figura 4 MEGGER DE MAGNETO, ELECTRÓNICO TELURÍMETRO

6. Resistencia de aislamiento en las instalaciones eléctricas

Todas las instalaciones eléctricas están separadas de tierra y los conductores separados entre sí por los aislantes. Como no existen aislantes perfectos, al quedar sometidos a una tensión, siempre habrá una corriente de circulación llamada **corriente de fuga** de valor infinitamente pequeño, si se aumenta la tensión el aislante puede perforarse y producirse un cortocircuito.

La resistencia de aislamiento se obtiene del cociente que resulta de dividir la tensión entre la corriente de fuga. Cuanto más larga sea la red, mayores serán las corrientes de fuga, y por tanto menor será la resistencia de aislamiento.

El reglamento de **BT** señala que los valores de la resistencia entre conductores y entre conductor y tierra, nunca será **inferior a 250.000 Ω**, y que la corriente de fuga nunca será superior a la del interruptor diferencial que protege contra los contactos indirectos.

Medir la resistencia de aislamiento de una instalación

Con el Megger se puede realizar tres pruebas diferentes:

- Medir la resistencia de toda la instalación con respecto a tierra.
- Hallar la resistencia entre cada conductor y tierra.
- Comprobar el aislamiento entre conductores.

Para medir una resistencia, lo primero que hay que hacer es asegurarse de que esta resistencia, ya sea cable o componente, no esté unida a corriente ni a tierra; a veces hay que desconectar cables, otras veces, bastará con abrir interruptores o quitar fusibles, el uso del Buscapolos es muy útil en estos casos, pues hay veces que quitando los fusibles que aparentemente afectan a una red, resulta que no son esos.

Medir la resistencia de toda la instalación con respecto a tierra.

- Primeramente debe de asegurarse de que no hay corriente, quitando los fusibles generales y dejando todos los circuitos cerrados, con los interruptores en posición de funcionamiento.
- Una punta del Megger se conecta a tierra y la otra a cualquiera de los conductores.

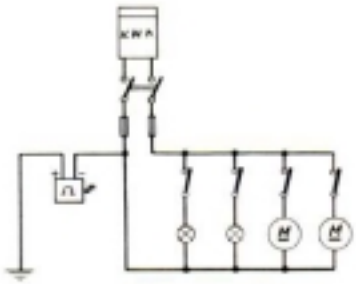


Figura 5 RESISTENCIA DE TODA LA INSTALACIÓN CON TIERRA

- Luego se mide la resistencia procediendo como indique las instrucciones de Megger (figura 5).
- Si la medida es inferior a 250.000 Ω, se buscará donde está el fallo de aislamiento, si es superior se pasará a comprobar el aislamiento entre conductores.

Hallar la resistencia entre cada conductor y tierra.

- Primeramente debe de asegurarse de que no hay corriente, quitando los fusibles generales y dejando todos los circuitos cerrados, con los interruptores en posición de funcionamiento, pero desconectando todos los receptores.
- Una punta del Megger se conecta a tierra y la otra a cualquiera de los conductores, repitiendo con todos los cables generales.
- Luego se mide la resistencia procediendo como indique las instrucciones de Megger (figura 48).
- Si la medida es inferior a 250.000 Ω, se buscará donde está el fallo de aislamiento, si es superior se pasará a comprobar el aislamiento entre conductores.

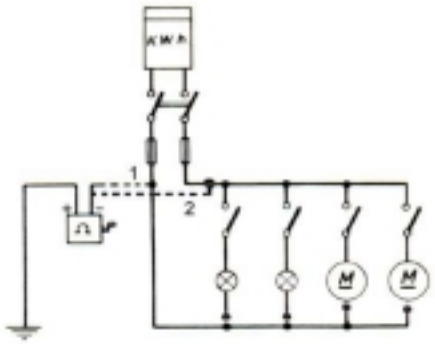


Figura 6 RESISTENCIA DE CADA CONDUCTOR CON TIERRA

Comprobar el aislamiento entre conductores.

- Se procede como en las anteriores pruebas, solamente que ahora las puntas el Megger se sitúa entre dos conductores, estando los receptores desconectados.
- Para variaciones del aislamiento por efecto electroquímico, es conveniente conectar el terminal positivo del generador (figura 49) a tierra.
- Se concluye como se ha explicado en las dos ocasiones anteriores.

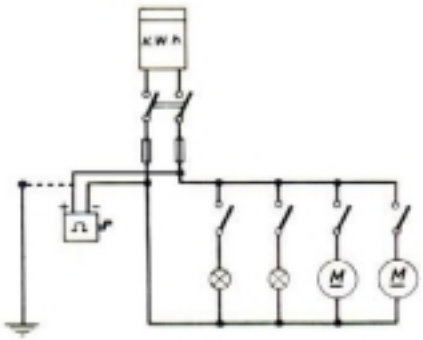


Figura 7 AISLAMIENTO ENTRE CONDUCTORES

Nota: En las pruebas de aislamiento de la instalación es imprescindible que haya una buena tierra, por ello en el **RBT**, se obliga ha que halla un borne de tierra en la caja general de protección y en la centralización de contadores. Cuando se trate de una instalación antigua, y no exista este borne de tierra, se tomará uno de la construcción del edificio; como tuberías metálica, hierros bien cimentados, o mejor aún, se clavará una pica de tierra en el suelo, de forma provisional que luego se tendrá que quitar.

7. TELURÍMETRO

La medida de resistencia de tierra se hacen con C.A. para evitar los efectos electroquímicos del terreno que se pueden producir en el caso de emplear C.C., el **óhmetro** que se emplea en la medición de resistencias del terreno recibe el nombre de **Telurímetro**. Son aparatos caros, y aunque se emplean solamente cuando se coloca una tierra, o se revisan las existentes, el poco uso del aparato puede llegar a pensar que puesto que se emplea poco, es porque no sirve para nada , y por lo tanto algo de mala calidad. Todo lo contrario, requiere cuidado guardarlo con los aparatos más sensibles y cuando no se prevea su uso en un tiempo relativamente largo, quitarle las pilas si las tuviera.

Su aspecto es muy variable (ver la figuras 8), pero a pesar de ellos todos tienen algo en común, una bolsa con unos pequeños electrodos y cables para conectar el aparato con los electrodos clavados en tierra, siguiendo el esquema que normalmente está grabado en la parte interior de la tapa del instrumento.

Figura 8 TELURÍMETROS SUS ACCESORIOS

Mediciones de resistencia de tierra

La importancia de utilizar la tierra como conductor, viene marcada por necesidad que hay de conducir la electricidad estática de los rayos hacia tierra a fin de evitar los daños que la electricidad produce, incendios, muertes, destrucción de edificios. Modernamente, el uso de la tierra en las instalaciones eléctricas tiene los mismo beneficios, y son necesarias para que puedan funcionar los interruptores diferenciales con normalidad cuando se produzca un contacto indirecto.

La medida de resistencia de tierra está basada en el puente de Behrend, que permite la lectura directa del valor con una sola medida (figura 9)

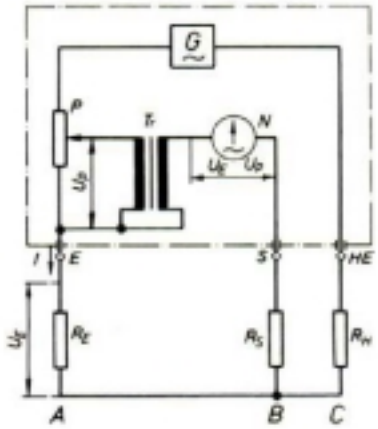


Figura 9 MEDIDOR DE TIERRA BEHREND

El medidor tiene tres salidas E, S y HE, la tierra que se quiere medir es R_E , que se conecta al punto E a una distancia de la pica de tierra de 20 m aproximadamente, se coloca una tierra auxiliar R_H, que se conecta con HE y una sonda R_S en una posición intermedia conectada al borne S.

En el generador de alterna se crea la corriente necesaria para la medición, esta corriente circula a través de un potenciómetro de medida P, llega a la pica R_E y a través de la tierra regresa al generador por la pica auxiliar R_H. La corriente generada origina una caída de tensión U_P, en el primario del transformador T_r de relación de transformación igual a 1, invirtiendo la tensión en el secundario U_P. El galvanómetro N indicará cero (compensado) cuando por actuación sobre P se halla conseguido que U_E U_P, cumpliéndose entonces también que: $R_E \cdot I$ $P_P \cdot I$ o R_E P_P, con lo que se lee en el potenciómetro P el valor de la resistencia de toma desconocida R_E.

En las figuras 10 se representa diferentes formas de colocar las picas de medición, según el aparato de medir que se utilice. En el mercado existen muchos, cuando se tenga que usar uno, lo mejor es seguir las instrucciones al pie de la letra para poder obtener la resistencia del terreno.

La resistencia del terreno depende de la constitución del mismo, siendo de unos 50 Ω por metro de terreno, en terrenos cultivables compactos y húmedos, de 500 Ω por metro en terrenos poco fértiles y de 3.000 Ω por metro cuando el suelo es pedregoso y seco.

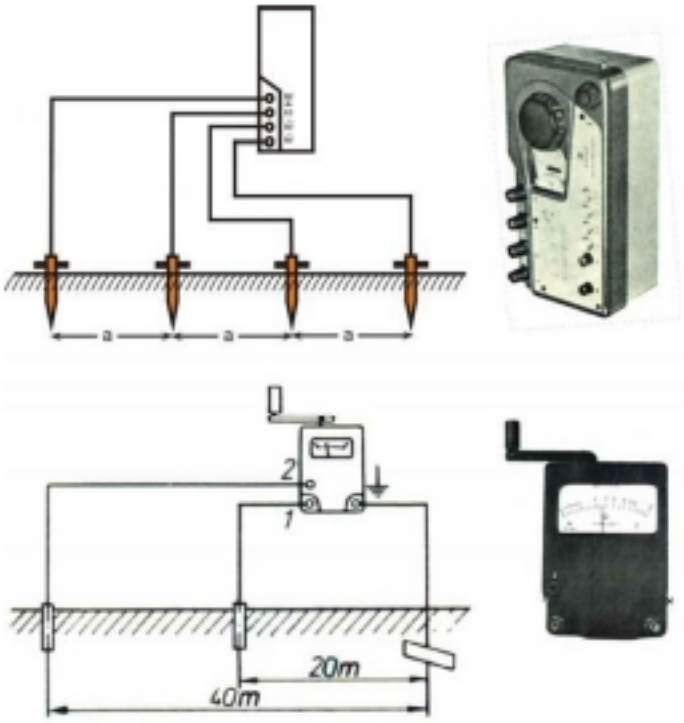


Figura 10 CADA MEDIDOR DE RESISTENCIA DE TIERRA TIENE SUS SISTEMA

8. SECUENCIADORES

Son aparatos de inducción, utilizan un disco de aluminio o de cobre, montado sobre un eje de forma que pueda girar sobre sí mismo, compuesto de dos electroimanes y un imán permanente.

Los campos magnéticos de los electroimanes atraviesan el disco induciendo corrientes parásitas que circulan concéntricamente en el disco; la existencia simultánea de un campo magnético fijo hace que el disco gire, si se cambia el sentido de entrada las fases el disco gira en sentido contrario.

En los contadores el disco tiene dispositivo de sentido único y va unido mecánicamente con una numeración, los secunciadores carecen de estos mecanismos, por tanto, siempre que se coloque las tres fases en el mismo orden el disco girará en un sentido, y se altera el orden girará en sentido contrario figura 11 y 12

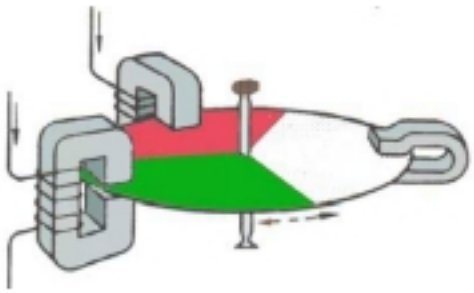


Figura 11 DISCO GIRATORIO DEL SECUENCIADOR

Exteriormente tiene una apariencia similar al de la figura 12, con una ventana frontal por donde se ve la sucesión de los colores del disco, y los tres cables de distintos colores para conexión a una base de enchufe o directamente en los conductores antes de colocar en la base de enchufe.

Figura 12 SECUENCIADOR

Colocando un tope en el disco se puede hacer que al girar en un sentido se accione un conmutador de manera que se encienda una luz verde y girando al contrario este tope vuelva al conmutador para que se encienda una luz roja y se apague la anterior; sin embargo, esta manera simple de explicarlo, en realidad es más complicado pues se hace electrónicamente en la figura 13 se muestra un secuenciador electrónico, que carece de disco giratorio, tan solo hay una luz verde y otra roja, y es para instalación fija en cuadro de control

Figura 13 SECUENCIADOR ELECTRÓNICO PARA CUADROS

9. PINZA AMPERIM TRICA

Es el instrumento más utilizado por el electricista, lleva un núcleo de hierro que se abre accionando un gatillo (También se llama pistola electricista). Una vez abierto, se coloca rodeando un solo conductor, inmediatamente en la pantalla de lectura aparecerá el consumo, figura 14.

Figura 14 PINZAS PARA MEDIR CONSUMO

En la actualidad todas las pinzas amperimétricas son digitales, pero anteriormente se fabricaban analógica, por lo que se tenía que tener mucho cuidado con la escala para que la aguja no se doblara al dar un fuerte bandazo cuando se ponía en una escala demasiado baja.

Al ser las pinzas actuales electrónicas carecen de escala, caso de que se rebase el límite máximo de lectura, el aparato no se deteriora, tan solo aparece la pantalla en blanco, o con un aviso de que se ha rebasado el límite. Si la lectura es de décimas de amperes, o tan baja que el aparato no aprecia lectura, se puede dar dos vueltas al conductor sobre la pinza entonces la lectura que obtenemos es la multiplicación de la corriente por el número de vueltas dadas. Una vez obtenida la lectura se divide por el número de vueltas dadas y se obtiene la lectura real.

El número de vueltas tiene que ser fácilmente divisible, para no andar con décimas, se busca un resultado de números enteros que son más fáciles de dividir mentalmente y menos posibilidades de error.

La pinza amperimétrica al ser electrónica llevan pilas alcalinas o de botón, tienen puntas de prueba para medir voltajes o resistencia y también continuidad.

Sí se da a elegir a un electricista entre una pinza amperimétrica y un polímetro, el electricista optará siempre por la pinza, mientras que el electrónico preferirá el Tester a la pinza.

10. APARATOS DE MEDIDA DE OBLI ADA TENENCIA

El nuevo reglamento de baja tensión, especifica que herramientas de verificación debe de poseer el **electricista de categoría básica** y el **electricista de la categoría especialista**

Categoría electricista básico

Telurómetro

Explicado en párrafo 7 Telurímetro

Medidor de aislamiento

Ampliamente explicado en el párrafo 4 óhmetros y siguientes

Figura 15 MEDIDOR DE AISLAMIENTO

Multímetro o tenaza

Para las siguientes magnitudes: Tensión alterna y continua hasta 500 V, Intensidad alterna y continua hasta 20 A, Resistencia. Todas las pinzas amperimétricas rebasan estas magnitudes mínimas, aunque hay algunas pinzas que no miden en continua. Con el multímetro, en cambio, la limitación está en los amperios, en que la escala máxima está en los 10 Amperios. Lo normal será tener **los dos el Multímetro y la tenaza** amperimétrica. Descritos en párrafos y **3 Polímetros** y **9 pinzas amperimétrica**

Medidor de corrientes de fuga

Con resolución mejor o igual que 1 mA. La figura 16 muestra gráficamente como son y como se usa, son pinzas amperimétricas, capaz de medir desde milésimas de amperios (0,001 A)

Figura 16 MEDIDOR DE FUGAS

Detector de tensión

Llamado normalmente **buscapolos**, tienen forma de destornillador de bolsillo, y sirve para saber si hay o no hay tensión, otro detector de tensión (con dos puntas) sirve para saber aproximadamente la tensión que existe entre dos extremos que se elija.

Figura 17 BUSCAPOLOS MEDIDOR DE TENSIÓN

Analizador registrador de potencia y energía para corriente alterna trifásica, con capacidad de medida de las siguientes magnitudes: **potencia activa**; **tensión alterna**; **intensidad alterna**; **factor de potencia**

Captura de transitorios hasta 50 Khz

Captura ultrarrápida de señales

Figura 18 ANALIZADOR REGISTRADOR PARA CORRIENTE ALTERNA

Equipo **verificador de la sensibilidad de disparo de los interruptores diferenciales**, capaz de verificar la característica intensidad tiempo;

Figura 19 Verificador del disparo de los interruptores diferenciales

Se realiza la prueba siguiendo las instrucciones del fabricante, cada fabricante tiene sus sistema explicado en el interior la tapa.

Equipo **verificador de la continuidad de conductores**

Figura 20 IDENTIFICADOR DE CONDUCTORES

Consta de dos piezas, uno emite una señal de alta frecuencia y el segundo lo detecta

Medidor de impedancia de bucle, con sistema de medición independiente o con compensación del valor de la resistencia de los cables de prueba y con una resolución mejor o igual que 0,1 Ω;

Figura 21 MEDIDORES DE IMPEDANCIA CORTOCIRCUITO

Se realiza la prueba siguiendo las instrucciones del fabricante, cada fabricante tiene sus sistema explicado en el interior la tapa.

Luxómetro con rango de medida adecuado para el alumbrado de emergencia

Figura 22 LUXÓMETROS

Electricista de categoría Especialista

Además de todos los del electricista básico, deberán contar con los siguientes:

Analizador de redes de armónicos y de perturbaciones de red

Figura 23 ANALIZADOR DE REDES

El uso de estos equipo necesita seguir las instrucciones del fabricante

Aparato comprobador del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento de los quirófanos

Figura 24 MEDIDOR DE TIERRAS COMPROBADOR DE RESISTENCIAS DE SUELOS

Equipos especiales para electricistas: maletas con el equipo completo

Figura 25 E UIPO PARA ELECTRICISTA BÁSICO ELECTRICISTA ESPECIALISTA

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso Virtual

Electricidad industrial

Módulo 1
Equipos e instalaciones de distribución y suministros de energía en Baja Tensión

Tema 1

Herramientas para redes de distribución eléctricas

Tema 7

Herramientas
para instalaciones en redes de distribución eléctrica

ÍNDICE

1 Herramienta 2
2 Martillo 2
3. Herramientas para uso exclusivo de electricista 8
4. Herramienta de seguridad para electricista 8
5. Código de colores para herramientas 9
6. Alargadera para llaves de vaso 9
7. Alicates 10
8. Arco de sierra 16
9. Cortacables eléctricos 16
10. Cortavarillas 17
11. Cuchillo 17
12. Destornilladores 18
13. Empuñadura para fusibles 20
14. Llave ajustable 21
15. Llave carraca 21
16. Llave de vaso 21
17. Llave Allen 22
18. Llave estrella 22
19. Llave fija 23
20. Llave de pipa 23
21. Llave de tubo 23
22. Mango T para llaves de tubo 24
23. Martillo 24
24. Pinza 24
25. Tenaza de canales 25
26. Tenaza de cremallera 25
27. Tijeras 25
28. Vaso con punta Allen 26
29. Otras herramientas de electricista 26
30. Cinturón para herramientas 26
31. Tenazas hidráulica para terminales 27
32. Tenaza manual para terminales 28
33. Trepadores 28
34. Barrena de mano 29
35. Taladro percutor 29
36. Brocas 30
37. Buscapolos 33
38. Comprobador de tensión 35

Tema 7

Herramientas
para instalaciones en redes de distribución eléctrica

1. Herramienta

Cualquier instrumento que se utilice para realizar un trabajo manual, recibe el nombre de **herramienta**. Cada artesano emplea la herramienta con la que mejor desempeña su oficio y aunque existen algunas que son comunes a casi todos los oficios, siempre existen pequeñas diferencia que hace que sean más útiles de una forma que de otra para cada profesión.

Un ejemplo de herramienta común a casi todos los oficios es **el martillo**. Sin embargo, existen distintas versiones según el profesional que lo utilice.

2. MARTILLO

Es una herramienta de percusión, con una maza de hierro, que suele pesar entre 0 5 y 2 g, con mango por lo general de madera.

Se emplea para muchos fines, como enderezar, curvar, alargar, se usa así mismo para remachar y dar golpes sobre otras herramientas, para cortar o cincelar, como el cortafríos, o el buril.

LA FORMA DE LA MAZA DEL MARTILLO DEPENDE DEL USO A UE SE DESTINA

En la maza del martillo de ajustador se distinguen tres partes diferentes:

- Cara o cabeza, que es casi plana, un poco convexa.
- El ojo, donde entra el mango.
- La peña, que puede tener forma de cuña, de garra o de bola.

El mango de madera resistente a la ruptura, tiene sección elíptica para evitar que gire en la mano.

DISTINTAS DENOMINACIONES

Según la forma que tenga la maza de martillo, se denomina a esta herramienta, que algunas veces, recibe el nombre de la profesión que más lo usa. Otras por el material del que está fabricada la maza.

La medida del martillo se toma por el peso de la masa, no por la longitud que tenga el mango. La longitud del mango depende del peso de la masa, de tal forma que, el centro de gravedad del martillo quede justo en la unión entre la masa y el mango.

En orden alfabético, los martillos pueden ser:

MARTILLO DE CARPINTERO O DE U A

El martillo de carpintero tiene la peña abierta en forma de , que permite encajar en esta uve, la cabeza de las puntillas y desclavarla haciendo palanca. Por la forma que tiene se llama de uña o de orejas, y por el uso que se le da se denomina de carpintero.

MARTILLO DE ORE AS, DE U A O CARPINTERO

En el mercado los hay de: 165, 350, 475 y 550 gramos.

MARTILLO CON BOCAS NAILON

Las bocas de nailon pueden ser fijas o recambiables, el mango metálico, o de madera, con sistema antirrebote o sin sistema. Se utiliza para golpear sin dañar las superficies golpeadas. Por ejemplo: en el montaje de las tapas de los motores

MARTILLO ANTIRREBOTE MARTILLO BOCAS N LON

MARTILLO DE BOLA

Cuando se golpea con la bola, se produce un aplastamiento de la superficie, pero también un recrecimiento de los bordes, cuando se pretende remachar un roblón, se usa la bola exclusivamente; a no ser que se tenga estampa y buterola, en cuyo caso se procede de forma similar, aunque no exactamente igual.

MARTILLO DE BOLA

MARTILLO DE CHAPISTA

El chapista emplea dos herramientas para dar forma a la chapa, el martillo para golpear y el tas para entibar el golpe. Este martillo de la figura, tiene la peña muy redondeada para obtener mejor resultado.

MARTILLO DE CHAPISTA

MARTILLO DE ENCO RADOR

Similar al de carpintero pero de mucho mayor peso 830 gramos.

MARTILLO DE ENCOFRADOR

MARTILLO DE PE A

También llamado de tapicero, la maza es de forma cuadrada, algunos prefieren dar la vuelta a la peña a fin de aproximarse más a las esquinas.

MARTILLO DE PE A

MACETA

Es un martillo de mano, con una gran masa de hierro, lo que imprime a cada martillazo una gran fuerza, es una herramienta muy propia de albañil para usar sin cortafríos. También se la suele llamar **Machota**.

Se denominan por el peso y se construyen en tres medidas:

700, 1.000 y 1.400 gramos

Para golpear en el suelo es ideal, porque su propio peso, ayuda; sin embargo, para golpear la pared cansa bastante, por lo que, debe golpearse desde una posición elevada, para que, al usarla, el peso de la maceta se sume al esfuerzo y no sea un obstáculo añadido.

MACETA

MACETA DE COBRE

Al ser el cobre un metal más blando que el hierro, no daña la superficie que se golpea, se usa como el martillo de bocas de nylon, cuando la fuerza necesaria tiene que ser mayor.

MACETA DE COBRE

Pueden ser de:

500, 1.000, 1.500 y 2.000 gramos.

MAZA

Recibe el nombre de maza el martillo de gran volumen, en forma de cubilete, la maza puede ser de madera o de goma

Se usa en trabajos especiales, en que no se quiere dañar las superficies se usa mazas que no sean de hierro, como el cobre, el latón, la madera, la goma, el caucho etc.

MAZA DE OMA

La utiliza el albañil para golpear las losetas sin que se partan.

MAZA DE GOMA

Se fabrican en 250, 310 y 650 gramos.

MAZA DE MADERA

Se utiliza para clavar estacas de madera, es decir, para golpear sobre maderas.

MAZA DE MADERA

El peso de estas mazas es de: 480, 630, 830, 1.100 o 1.500 gr.

MAZA DE COBRE

Tiene la fuerza del metal, pero, al ser metal blando, evita dañar las piezas de hierro que se golpean.

MAZA DE COBRE

MAZA DE HERRERO

También llamado **el macho** , con el que el ayudante golpea donde indica el herrero, que lo hace golpeando con un martillo de mano. La maza de herrero es para usar con las dos manos.

MAZA DE HERRERO O MACHO DE HERRERO

Se vende por separado la maza del mango

MAZA DE TALLISTA

Cilindro de madera con mango, que el tallista maneja como si fuese un martillo.

MAZA DE TALLISTA

MACHOTA

En algunas regiones, se llama machota a la maceta de albañil

MACHOTA

3. HERRAMIENTAS PARA USO EXCLUSI O DE ELECTRICISTA

Existe, una gran variedad de formas dentro de cada denominación, por lo que no convine ver todas las variantes que hay sobre cada herramienta. En los trabajos de electricista se emplean herramientas comunes, que, aunque se denominan herramientas para electricista, en realidad no son aptas para trabajar con corriente. Son herramientas con una aislamiento de una solo capa, más o menos gruesa, para usar sin corriente.

Las herramientas de electricista para trabajar con corriente se denominan de seguridad; estas son las que se van a describir a continuación. Por supuesto hay la misma versión de estas herramientas con una ligera capa aislante, que son para trabajar sin tensión.

4. HERRAMIENTA DE SE URIDAD PARA ELECTRICISTA

Trabajar sin interrumpir la corriente, supone un riesgo enorme, por lo que todas las normas de seguridad, establecen como primera medida de seguridad, no trabajar nunca con corriente. Sin embargo, hay circunstancias extraordinarias, en que se efectúan reparaciones, sin cortar el suministro de corriente. Estas reparaciones la llevan a cabo personal muy especializado y con muchos años de experiencia, utiliza para ello herramientas especialmente aisladas, como las que, a continuación se relacionan de forma alfabética:

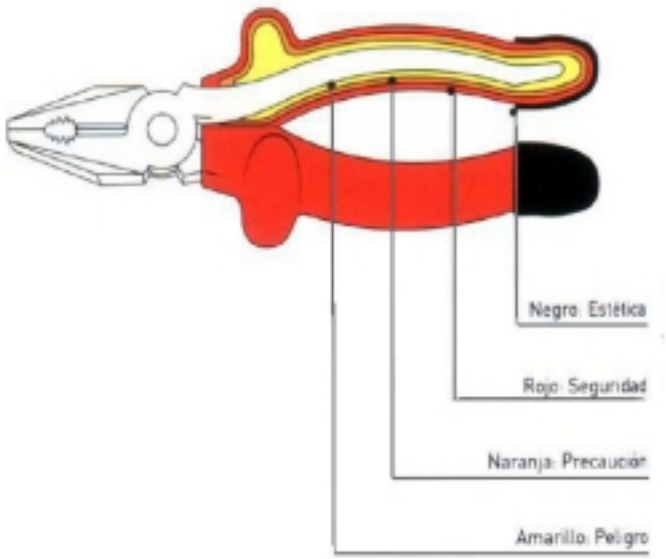
En primer lugar conviene conocer cómo están aisladas y qué código de colores utiliza.

No se describe el uso de cada herramienta porque con ver su figura no hace falta ninguna aclaración, ya que como antes de ha dicho son herramientas normales con un recubrimiento aislante triple.

5. CÓDI O COLORES PARA HERRAMIENTAS

Las herramientas de seguridad, llevan tres capas aislantes

- Amarillo: indica aislamiento mínimo, es peligroso trabajar con coriente.
- Naranja: Indica que se ha perdido una capa de aislamiento y se debe actuar con precaución.
- Rojo: Indica seguridad
- Negro: se añade por estética, para dar una acabado más presentable



COLORES UTILIZADOS EN EL AISLAMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS

6. ALAR ADERA para llave de vaso

Pieza intermedia entre el maneral y el vaso, las hay de distintas longitudes

ALARGADERAS DE SEGURIDAD PARA LLAVES DE VASO

7. ALICATES

ALICATE boca plana

Los alicates tienen una segunda denominación referente al largo total de la herramienta desde una punta hasta la otra. Unos fabricantes lo dan en pulgadas y otros en milímetros

Alicate de seis pulgadas

Como una pulgada son 25,4 mm, también se denominará de 150 mm.

ALICATE DE SEGURIDAD DE BOCA PLANA

Nótese como en el mango existe un gran tope para que las manos no lleguen nunca a tocar la parte sin aislar. Este tope no es más que un simple sobresaliente en un alicate similar; que, aunque se denominan, aislados o para electricista son para trabajar sin tensión, la ventaja que tienen es que se puede trabajar con ellos sin mancharse las manos, y que **son mucho más económicos**, si se va a trabajar sin tensión pueden usarse perfectamente.

ALICATE DE BOCA PLANA AISLADOS

ALICATE boca redonda

Alicate de seis pulgadas

ALICATE DE SEGURIDAD DE BOCA REDONDA

Son muy útiles para dar formas a los conductores rigidos, hoy dia todos los conductores de poca sección se utilizan en forma de cable flexible, por lo que cada día se usa menos esta herramienta.

ALICATE cortacables

Alicates de 7, y de 9 pulgadas, o 175 mm y de 230 mm.

Alicate cortacables de seguridad

Al tener los conductores forma redonda, hace que cuando se utiliza un alicate de corte recto, el conductor tiende a escaparse. Con estos alicates, cuesta mucho menos esfuerzo el corte y además los conductores en forma de cable no se abren en forma de abanico.

Estos alicates solo sirven para corte de metales blandos como el cobre o el aluminio, si se usan para cortar tornillos de latón, bronce o hierro, el filo se mella, y como son alicates que no permiten afilarlo de nuevo la herramienta se inutiliza.

ALICATE cortacables de carraca

Cuando el conductor es de gran diámetro los alicates normales no lo abracan, teniendose que utilizar el serrucho de mano, estos alicates tiene una engranaje de forma cremallera y por cada apretón del mango se avanza un poco, el corte de hace en varios recorrido, los alicates se van cerrando poco a poco y cuando se abren las empuñaduras no se pierde el apriete, al llegar al corte del conductor, el alicate se abre automáticamente.

ALICATES DE SEGURIDAD CORTACABLES DE CARRACA PARA CORTE DE HASTA 32 MM

Estos alicates se usan mucho para cortar los conductores de tipo manguera, cortando los cuatro conductores al mismo tiempo.

Alicates de 10, y de 11 pulgadas

ALICATE corte diagonal

ALICATES DE SEGURIDAD DE CORTE EN DIAGONAL NORMAR REFORZADO

Alicates de 6, 7, y de 8 pulgadas

ALICATE corte frontal

ALICATE DE SEGURIDAD DE CORTE FRONTAL

Alicates de 6, y de 8 pulgadas

ALICATE pelacables

En principio, siempre que se pela un cables, se hace sin corriente, por lo que no se justifica mucho la compra de este alicate en su versión de aislado de seguridad.

Alicate de seguridad pelacables

Alicates de 6 pulgadas

ALICATE punta curva

Los pequeños alicates de punta curvada, alargada, redonda, se usan exclusivamente para sujetar, no sirven ni para cortar, ni para aflojar, ni para retorcer. Son simplemente una extensión de los dedos, para sujetar con una mano mientras con la otra se hace el verdadero trabajo, como soldar o colocar un tuerca con otro tipo de herramienta. No se justifica mucho que tenga que ser de seguridad, puesto que casi siempre se van a usar sin tensión.

ALICATE DE SEGURIDAD DE PUNTAS CURVAS

Alicates de 7 pulgadas

ALICATE punta recta pico cig eña

ALICATE DE SEGURIDAD DE PUNTAS RECTAS

Alicates de 6, y de 8 pulgadas

ALICATE seguridad total

En este tipo de alicates, la única parte sin aislamiento es la interior destinada a morder la pieza

ALICATE DE SEGURIDAD TOTAL DE PUNTAS RECTAS

Alicates de 6, pulgadas

ALICATE universal

Es una herramienta imprescindible para todo electricista, se llama universal porque son tres herramientas en una, tiene puntas planas, mordaza y corte lateral.

ALICATE UNIVERSAL DE SEGURIDAD, FORMA TRADICIONAL, EUROPEO PARA ELECTRICISTA

Alicates de 6, 7, y de 8 y 10 pulgadas

8. ARCO SIERRA

En los arcos de sierra normales no existe el mango superior, que se ve en estos tipo de arcos de seguridad.

ARCO DE SIERRA DE SEGURIDAD NORMAL CON ALA

En el segundo tipo de seguridad existe un ala de protección del puño. Este ala impide que cuando se termine el corte se pueda tocar el cable que se corta con la mano. De todos modo, se debe de utilizar el arco protegido con guantes aislantes.

9. CORTACABLES EL CTRICOS

Mucho más rápido que el arco de sierra y más seguro. Ideal para bomberos

CORTACABLES DE SEGURIDAD HASTA 32 mm

Tenazas de 600 milímetros

10. CORTA ARILLAS

Espacialmente diseñado para cortar hierro, se usa también para cortar cadenas. Imprescindible para bomberos

CORTAVARILLAS DE SEGURIDAD

Tenazas de 450 y 630 milímetros

11. CUCHILLO

La navaja, junto con cos alicates son las herramientas más utilizadas por el electricista; pero pera trabajar con tensión, lo que debe de emplearse es el cuchillo, pues la navaja no puede ser aislante.

CUCHILLO DE SEGURIDAD SU FUNDA

CUCHILLO curvo

CUCHILLO CURVO DE SEGURIDAD SU FUNDA

12. DESTORNILLADORES

Tercera herramienta imprescindible del electricista. El destornillador que más se utiliza es el de pala, existen dos clase de destornilladores de pala el de boca vaciada y el de boca forjada.

El de boca vaciada, también se llama de electricista, su forma lisa permite introducirlo en lugares donde el de boca forjada no entraría. Los de boca forjada también se les llama de mecánico

La medida de los destornilladores son dos, el ancho de la pala y el largo de la varilla, sin contar el mango

DESTORNILLADOR boca vaciada

DESTORNILLADOR DE SEGURIDAD DE BOCA VACIADA

DESTORNILLADOR Polizidriv

La punta tiene una doble cruz, una con menos profundidad que la otra. Esta punta es muy usada en los destornilladores eléctricos, y cada día se usa más.

Destornillador de seguridad de boca Polizidriv

DESTORNILLADOR cruz

Inventado por la marca Philips, se les denominan destornillador Philips, y también de estrella, o de cruz.

Destornillador de seguridad boca de cruz

DESTORNILLADOR Stec er

No es propiamente un destornillador, mas bien es una llave de tubo, se usa para quitar o apretar tuecas hexagonales, especialmente en aparatos electrodomésticos, también para bornes de empalme

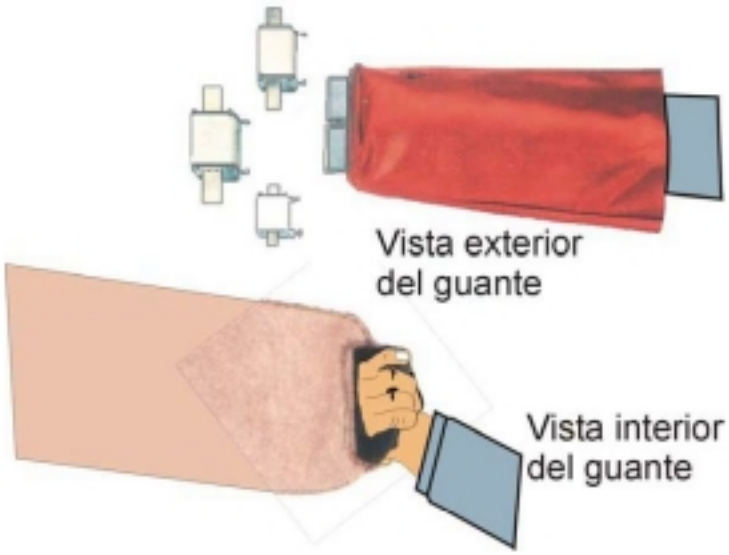
DESTORNILLADOR DE SEGURIDAD STEC ER

DESTORNILLADOR hexagonal (destornillador Allen

DESTORNILLADOR DE SEGURIDAD DE BOCA ALLEN

13. EMPU ADURA USIBLE también llamado guante quita fusibles

Existen unos **fusibles** llamados **de alto poder de ruptura**, que para ser colocados o retirados necesitan una empuñadura de manipulación, cuando los fusibles se manejan sin cortar la corriente la empuñadura ha de estar cubierta con este **guante** que cubre hasta el codo, se debe de complementar la protección con careta de plástico.



EMPU ADURA DE SEGURIDAD PARA FUSIBLE DE ALTO PODER DE CORTE

14. LLA E A USTABLE

Popularmente denominadas lleve inglesa, aunque a muchos fabricantes esta definición no les guste nada.

Llave ajustable de seguridad de ajuste central y de ajuste lateral

15. LLA E CARRACA

Los juegos de llaves de vaso, suelen tener más de un mango para hacer presión sobre las turcas, uno de ellos es este llave de carraca con dos pulsadores superiores, según se accione sobre uno o ellos o el contrario, en un sentido avanzará y en el contrario no actúa, tan sólo suena como una carraca de juguete.

LLAVE DE SEGURIDAD CON MECANISMO DE CARRACA

16. LLA E DE ASO

Se compone de diez a veinte piezas, cada de distinta medida. Se usa con las alargaderas y el maneral, también puede usarse con la llave de carraca incluso sin las alargaderas.

LLAVE DE VASO DE SEGURIDAD

17. LLA E ALLEN ACODADA Llave Allen

Para tornillos de cabeza Allen. Normalmente la lleve Allen puede usarse por los dos extremos del codo, siendo un lado más largo que el otro, esto no es posible en una llave de seguridad, sólo se puede usar por un lado el otro debe estar aislado.

LLAVE ALLEN DE SEGURIDAD ACODADA

18. LLA E ESTRELLA

La llave de estrella tiene dos hexágonos, lo que permite más rapidez para ajustarla en la cabeza del tornillo, de no utilizar la medida adecuada, o de utilizar los alicates para aflojar las tuercas estas se redondean y hacen imposible utilizar este tipo de llave, cuando el hexágono no es perfecto.

LLAVE ESTRELLA DE SEGURIDAD ACODADA PLANA

19. LLA E I A UNA BOCA

Las llaves fijas normales tienen dos bocas cada una de una medida diferente, esto, no es posible con las lleves de seguridad, ya que unos de los extremos ha de estar aislado. Por tanto, un juego de lleves fijas de seguridad tiene el doble número de piezas que un juego de llaves normales

LLAVE FI A DE SEGURIDAD DE UNA BOCA

20. LLA E PIPA UNA BOCA

El nombre le viene por lo parecido a la pipa de tabaco de un fumador

LLAVE PIPA DE SEGURIDAD DE UNA BOCA

21. LLA E TUBO MAN O T

llave tubo de seguridad con mango T

22. MAN O T PARA LLA ES DE ASO

Un maneral más para el juego de llaves de vaso

MANGO EN T DE SEGURIDAD PARA LLAVES DE VASO

23. MARTILLO

MARTILLO DE SEGURIDAD

24. PINZA

PINZAS DE SEGURIDAD, RECTA, CURVA FUERTE

25. TENAZA DE CANALES

Tiene tres canales paralelos que permiten encajar en uno de ellos para adatarse al redondo que se pretende agarrar, siendo su uso igual a la tenaza de cremallera.

TENAZA A USTABLE DE SEGURIDAD

26. TENAZA CREMALLERA

Tiene varias posiciones para el eje de giro de la tenaza, de forma que se adapte al redondo que se pretende agarrar, siendo su uso igual a la tenaza de canales

TENAZA A USTABLE DE SEGURIDAD

27. TI ERAS

TI ERA DE SEGURIDAD NORMAL FUERTE

28. ASO CON PUNTA ALLEN

LLAVE DE VASO CON PUNTA ALLEN DE SEGURIDAD

29. OTRAS HERRAMIENTAS DE ELECTRICISTA

No todas las herramientas que utiliza el electricista tiene que ser para trabajar con corriente. Muchos trabajo, inevitablemente, se tienen que hacer sin tensión, como por ejemplo colocar terminales o taladrar etc.

30. CINTURÓN PORTA HERRAMIENTAS

Cuando se trabaja en lugares elevados, sobre una escalera de mano o sobre un andamio, y son precisas varias herramientas, el útil más adecuado es el cinturón de cuero, con alojamientos para la herramienta, como ejemplo se muestra la figura, pero existen muchos en el mercado.

cinturón de electricista

31. TENAZAS HIDRÁULICA PARA TERMINALES

Los terminales para conductores de más de 16 mm^2 de sección, necesitan mucha presión. Por ello, las tenazas han de tener un gran brazo de palanca de las tenazas manuales, lo que dificulta mucho su transporte. Las hidráulicas tienen brazos más cortos, pero sin embargo son de mayor costo.

El hidráulico puede estar separado de la cabeza de apriete, o puede formar una sola pieza, como el de la figura. Accionando uno de los brazos, la cabeza de apriete se cierra, engastando el terminal con el conductor.

Existen muchos modelos. Unos engastan punzonando longitudinalmente, otras producen un apriete hexagonal, otras dan dos punzonando redondos. Algunas sirven para todas las medidas, otras hay que cambiar la cabeza, según la medida del conductor. También depende si el terminal es de cobre, de aluminio, o bimetálico.

Tenazas hidráulicas con distintas cabezas de apriete

32. Tenazas manual para terminales

Los terminales para conductores de más de 16 mm^2 de sección, necesitan mucha presión. Por ello, las tenazas han de tener un gran brazo de palanca, de aquí, las grandes dimensiones de estas tenazas. Son tan eficaces como las hidráulicas pero se tiene que hacer un esfuerzo mucho mayor, la ventaja es que pesan menos y son más económicas

TENAZA MANUAL PARA TERMINALES

33. TREPADORES

Arco de acero con ganchos y correa de cuero para atarlos al tobillo de cada pie. Con los trepadores, y un cinturón con correa, se trepa a los postes eléctricos de madera.

PAR DE TREPADORES PERA POSTES DE MADERA

Cada día se usan menos porque cada vez se usa más los brazos articulados y porque cada vez se desmontan mas postes de madera para sustituirlos por postes de hormigón o celosia de hierro.

34. BARRENA DE MANO

Herramienta para la madera, que sirve para centrar o iniciar un taladro, la colocación de un tornillo, incluso para hacer un taladro pasante. Consta de un hierro redondo, en la parte superior tiene un travesaño de madera o plástico, y en la punta dos o tres líneas de rosca madera

Las barrenas de mano se denominan por el diámetro del vástago, siendo la menor que se fabrica de 1 mm de diámetro, aunque también se les designan por el número de líneas roscadas en la punta.

BARRENA DE MANO

Cuando la barrena, es para diámetros superior a 10 mm, es necesario manejarla con las dos manos, y se denomina **barrena de dos manos**, siendo el mango de madera más largo y desmontable, para poderse guardar mejor

35. TALADRO PERCUTOR

Taladro eléctrico, que al mismo tiempo que gira, golpea. Para taladrar con broca vidia es preciso usar el percutor, sin embargo, para taladrar con broca de acero, el percutor hay que anularlo, o la broca se partirá.

TALADRO ELÉCTRICO DE MANO CON DISPOSITIVO PERCUTOR TOPE DE PROFUNDIDAD

36. BROCAS

De acero: se utiliza para taladrar los **metales**, como hierro, el bronce, el cobre, la baquelita, los plásticos, incluso se puede utilizar en la madera, con la condición de que se saque reiteradamente, a fin de que no se quede embotada con la viruta arrancada.

BROCAS DE MANGO CÓNICO CILÍNDRICO

La broca de acero no puede emplearse para taladrar en la pared, porque se deteriora rápidamente, y aunque se afile, no pueden volver a utilizarse.

Broca de pared también llamadas **broca de percusión** y **broca vidia**

Llamadas brocas Vidia, llevan un recrecimiento en la boca, de un material resistente a las altas temperatura que se generan cuando se taladra una pared. No tienen un filo vivo, por lo que son totalmente inservibles para el hierro, trabajan mejor a percusión que a giro normal.

BROCA DE PUNTA VIDIA

Si la pared es de cemento, la taladradora ha de tener dispositivo de percusión.

Se fabrica a partir de 4 mm, de milímetro en milímetro.

La broca de vidia se fabrica desde 4 hasta 26 mm de diámetro, con longitudes de trabajo útil de 100 a 400 de largo

A partir de 16 mm también se fabrican en longitudes de 300 y 400 mm de largo, lo que permite atravesar las dobles paredes y los muros.

La broca vidia se fabrica a partir de 24 mm de diámetro y 200 mm de largo, llegando a 45 mm de diámetro por 400 mm de longitud útil para el trabajo

Para evitar el inconveniente que presenta la broca cilíndrica, en el agarre con el portabrocas de tres garras, se fabrican brocas espaciales para portabrocas especiales, con estrías de diversas formas, cuya misión es asegurar el perfecto agarre; el inconveniente, es, que cada broca, solo sirve para ese tipo de portabrocas, no pudiendo ser intercambiable unos tipos de estrías con otros.

estrías de sujeción para brocas de percusión

No obstante también se encuentras brocas de mango cilíndrico, que para utilizar en portabrocas pequeños están rebajadas como puede verse en la figura siguiente

BROCA VIDIA PARA GRANITO CON REBA E EN LA COLA

Brocas de gran diámetro también llamadas **coronas vidia**

La broca de corona, es un tubo con puntas vidia que, para utilizarla correctamente necesita una segunda broca de centrado, que se coloca sobre un husillo roscado en el centro de la corona.

CORONAS. BROCA CENTRADORA COLOCADA SEPARADA CORONAS MEDIDAS

La broca que se coloque al husillo deberá ser más larga que la corona, y si es para corona vidia, también tendrá que ser de punta vidia, o de lo contrario se quemará

Coronas normales También existen brocas de corona que no son vidia, para madera o escayola. Son de mala calidad y sirven para muy pocos taladros, porque los dientes se queman muy rápidamente.

CORONA DE SIERRA DESMONTABLE PARA ESCA OLAS

Multividia

Broca de gran capacidad de taladro (desde 40 hasta 80 mm de diámetro y 400 mm de largo), es una herramienta situada intermedia entra la broca clásica y la corona. Tiene una cabeza con varias puntas vidia como pude observarse en la figura.

BROCA MULTIVIDIA

Broca para madera o Barrena de Carpintero

Broca helicoidal para máquina, con punto de centrado, para evitar el cabeceo de la broca al taladrar

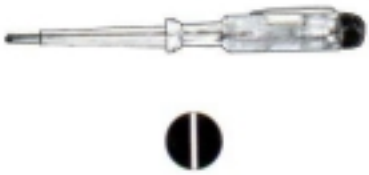
BARRENA DE CARPINTERO

El taladro de las maderas necesitan punto de centrado, por esta razón, se pasa primero la broca de mayor diámetro y por último lasa de menor diámetro.

37. BUSCAPOLOS

Fabricado en forma de destornillador, con mango traslúcido, lleva dentro del mismo una lámpara de gas neón en serie con una resistencia.

Cuando se toca, con la pala del destornillador un cable con corriente, y se pone el dedo en la parte metálica, la lámpara se enciende.



BUSCAPOLOS

Si es corriente alterna se enciende los dos cátodos, y si es corriente continua solo un cátodo el correspondiente al polo que se toque, con el polo contrario, se enciende el segundo cátodo y no el primero.

Con el neutro, la lámpara no enciende.

Los de pequeño tamaño, como el de figura, llevan un clip de pluma para poderlo llevar en el bolsillo.

Al ser un destornillador con mango hueco, no permite utilizarlo cuando haya que hacer esfuerzo.

NO UTILICE EL BUSCAPOLOS COMO DESTORNILLADOR CUANDO TENGA QUE HACER ESFUERZO, O SE PARTIRÁ.

Buscapolos para voltaje de automóvil

No debe utilizarse en voltajes superiores a 36 Voltios pues se inutilizará.

buscapolos para automóvil

Se utiliza para localizar el polo positivo, y diferenciarlo del negativo, es muy poco utilizado.

La pinza se coloca a masa, y con la pala del destornillador se toca el borne, el destornillador se enciende solamente un polo, según la parte del destornillador que se enciende se puede localiza además de que tiene tensión, la polaridad del mismo.

38. COMPROBADOR DE TENSIÓN

Constituido por lámparas de gas neón, colocadas de forma que se encienden según la tensión a que se aplican las puntas, a la tensión máxima se encienden todas las lámparas, a la tensión mínima sólo la primera, hasta donde se encienda indicará la tensión que se mide aproximadamente, las figuras son dos formas muy similares que son fáciles de encontrar en el mercado, aún en tiendas no especializas en herramientas.

COMPROBADOR de tensión de 125 V a 400 V

Se puede utilizar tanto para corriente continua como alterna, para lo que lleva otra lámpara neón que lo indica automáticamente.

COMPROBADOR DE TENSIÓN DE 4 A 400 V

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 1
Equipos e instalaciones de distribución
y suministros de energía en Baja Tensión

Tema 8

Reglamento electrotécnico de Baja Tensión. Instalación receptora. Normativa sobre cableado

Tema 8

Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, Instalaciones receptoras, Normativa sobre cableado

1. Cuestión General 1
2. Naturaleza de los conductores 1
3. Sección de los conductores. Caída de tensión 2
4. Intensidades máximas admisibles 3
5. Identificación de los conductores 4
6. Conductores de protección 5
7. Subdivisión de las instalaciones 6
8. Equilibrado de cargas 7
9. Posibilidades de separación de la alimentación 9
10. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos 10
11. Conexiones 10
12. Sistemas de instalación 12
13. Circuitos diferentes 13
14. Paso a través de los elementos de la construcción 14
15. Tubos protectores 15
16. Número de circuitos y características 18
17. Circuitos interiores 19
18. Electrificación básica 20
19. Electrificación elevada 21
20. Características eléctricas de los circuitos 22
21. Puntos de utilización 23

ITC-BT 19 24
ITC-BT 20 33
ITC-BT 21 42
ITC-BT 25 57
ITC-BT 26 62
ITC-BT 27 67

Tema 8

Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, Instalaciones receptoras, Normativa sobre cableado

1. CUESTIÓN GENERAL

En este tema se trata de la normativa que afecta a las condiciones técnicas que deben de reunir los conductores a emplear en la instalación receptora de baja tensión conforme a los voltajes de utilización, señalados en **el tema 3**. En dicho tema 3, se trataron de las condiciones que deban de reunir **los conductores que están fuera de la vivienda** del usuario, aquí en **este tema 8**, se trata de especificar **las condiciones que se han de dar dentro de la vivienda o local**, lo que el reglamento denomina **Instalación receptora**. Primero se explica, resumido, las condiciones más destacables y finalmente se complementa con la instrucción técnica completa, editada con el nombre de **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión**

2. NATURALEZA DE LOS CONDUCTORES

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados. Cuando se trate de viviendas los conductores sólo podrá ser de cobre

Figura 1 CONDUCTORES UNIPOLARES PARA TUBOS

Los cables que se usan en instalaciones eléctricas se denominan citando **primero las características del conductor**, después el **número de conductores**, cuando se trate de un solo conductor, de dice 1, seguido del por (x) y la sección en **milímetros cuadrados**, y al final el **color** de la funda

Ejemplo: Cable PVC flexible 1 x 2,5 mm^2 Marrón

3. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES. CAÍDAS DE TENSIÓN

La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, **menor del 3 % de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas**, y para **otras instalaciones interiores o receptoras, del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.** Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los **aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente**. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

Para **instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador** de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. **En este caso, las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.**

Caída de tensión
en viviendas: 3 %

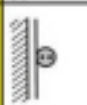
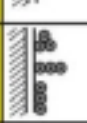
En los demás lugares:
3 % para alumbrado
5 % para los demás usos

Lugares de gran consumo
alimentados con transformadores
propios:
4,5 % para alumbrado
6,5 % para los demás usos

Figura 2 CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA

4. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES

La siguiente tabla es la indicada en la **ITC-BT 19 con el número 1**, en ella se indican las intensidades admisibles para conductores de **cobre** a una temperatura ambiente del aire de **40º C** y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cables

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
A2		Cables multiconductores en tubos (1) empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
B		Conductores aislados en tubos (2) con montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
B2		Cables multiconductores en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR		
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared (3)					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
E		Cables multiconductores al aire libre (4) Distancia a la pared no inferior a 0,3 D (5)						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR
F		Cables unipolares en contacto mutuo Distancia a la pared no inferior a D (5)							3x PVC			3x XLPE o EPR
G		Cables unipolares separados mínimo D (5)									3x PVC	

	mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16		18	21	24	
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22		25	29	33	
	4	20	21	23	24	27	30		34	38	45	
	6	25	27	30	32	36	37		44	49	57	
	10		37	40	44	50	52		60	68	76	
	16	34	49	54	59	66	70		80	91	105	
	25	45	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35	59	77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	234	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	523
	185				268	297	317	354	386	415	464	601
	240				315	350	374	419	455	490	552	711
	300				360	404	423	484	524	565	640	821

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40º C. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

Notas aclaratorias de la tabla:

(1) A partir de 25 mm^2 de sección.
(2) Incluyendo canales para instalaciones -canaletas- y conductos de sección no circula.
(3) O en bandeja no perforada.
(4) O en bandeja perforada
(5) D es el diámetro del cable
(PVC) Policloruro de vinilo
(XLPE) Polietileno Reticulado
(EPR) Etileno propileno.

Ejemplo para uso de la tabla 1

Una instalación de aire acondicionado consume en monofásico 8.500 W a 230 V, esto supone un consumo de 36,95 Amperios, aproximadamente 37 amperios

Se desea instalar bajo tubo empotrado. El cable utilizado, es el normal de PVC de conductores unipolares. En la tabla 1 se encuentra que un cable de estas condiciones corresponde con la fila A y la columna 3, se busca 37 Amperios o superior y da la sección en mm^2. En este caso, sería desde 31 A hasta 40 Amperios, que corresponde una sección de **10 mm^2 en cobre**.

Suponiendo que en vez de conductores separados el montaje se hiciera con cable manguera. Entonces sería fila A2, columna 2, desde 22 A hasta 37 amperios, también le corresponde la sección de **10 mm^2 en cobre**.

Obsérvese Que si en vez de 37 A, hubiese sido un amperio más, es decir 38 A, entonces correspondería 10 mm^2 para conductores unipolares y 16 mm^2 y para cable en forma manguera. Téngase en cuanta que, cuando todos los conductores van juntos, también se incluye el de protección, con lo que serían tres cables; pero para efecto de esta tabla, se cuenta como dos, que son los conductores activos, fase y neutro. Por el de protección, en condiciones normales, no circula corriente.

5. IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor do protección. Esta Identificación se realizará **por los colores** que presenten sus aislamientos.

Cuando exista **conductor neutro** en la instalados o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, su identificarán éstos por el **color azul claro**. Al **conductor de protección** se lo identificará por el **color verde-amarillo**. Todos **los conductores de fase**, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los **colores marrón o negro**.

Cuando se considere necesario identificar **tres fases diferentes, se utilizará también el color gris**.

Figura 3. IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES POR EL COLOR

6. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

El conductor de protección, no puede calcularse por la caída de tensión, se hace basándose en lo que determina la tabla 2 de la **ITC-BT 19**, que aquí también tiene el mismo número. La sección del conductor tendrá una sección mínima basada en la sección del conductor de fase

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	$S^{(*)}$ 16 S/2
(*)Con un mínimo de: 2,5 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización ce alimentación y no tienen una protección mecánica	

Tabla 2. SECCIÓN DEL CONDUCTOR DE PROTECCIÓN

Se puede observar que las secciones del conductor de protección para instalaciones receptoras, son las mismas que para instalaciones de enlace, expuestas en el tema 3

En la **instalación de los conductores de protección** se tendrá presente que:

- Si se aplican diferentes sistemas de protección en instalaciones próximas, se empleará para **cada uno de los sistemas un conductor de protección distinto**.
- **No se utilizará un conductor de protección común para instalaciones de tensiones nominales diferentes.**
- Si los **conductores activos van en el interior de una envolvente común, se recomienda incluir también dentro de ella el conductor de protección**
- En una canalización móvil **todos los conductores incluyendo el conductor de protección, irán por la misma canalización**
- Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de **uniones soldadas** sin empleo de ácido **o por piezas de conexión de apriete por rosca**, debiendo ser accesibles para verificación y ensayo.
- **Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes (por ejemplo cobre-aluminio).**

7. SUBDIVISIÓN DE LAS INSTALACIONES

Una de las preocupaciones principales que ha de tener el electricista instalador es prever los fallos. De tal manera, que **un fallo en una parte de la instalación no afecte a toda la instalación por igual**

Una de las maneras de prevenir los fallos, puede ser **subdividir el total de la instalación en varias líneas diferentes** en forma que las averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a un piso, a un solo local, etc. Otra forma es, que **los sistemas de protección sean selectivos**. Es decir coordinados de forma que el más próximo al fallo actúa entes que el más lejano y no actúen los dos al mismo tiempo. **A esta forma se le llama selectivos**

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo
- facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos
- evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

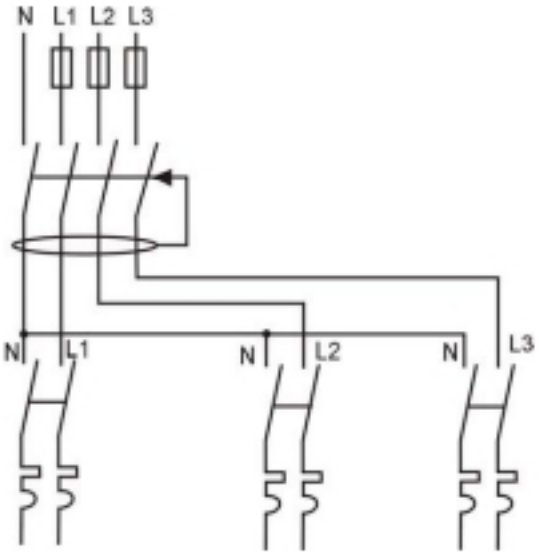


Figura 4 ESQUEMA DE SUBDIVISIÓN DE UNA INSTALACIÓN CON RED TRIFÁSICA

8. EQUILIBRADO DE CARGAS

Decir que una línea está **desequilibrada**, significa que sus líneas tienen consumos en **amperios diferentes por cada fase**. Esto implica secciones diferentes. Cuando se diseña una línea se hace pensando que sus conductores van a soportar **cargas equilibradas,** lo que facilita el cálculo, el montaje, y el comportamiento del **consumo general, y fusibles iguales.**

Para que se mantenga **el mayor equilibrio posible en la carga** de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará disponer los receptores de manera que los **consumos queden repartidos entre sus fases** o conductores polares, lo más próximo posible.

De ser posible, se dispondrán que las **líneas se adapten a la colocación de los receptores**, siendo el caso contrario lo menos común, es decir que los receptores se coloquen donde venga mejor a las líneas. En el ejemplo de la figura 5 se comprende mejor este supuesto: Hay dos figuras, una con la carga desequilibrada y la segunda con carga equilibrada, lo más fácil para el electricista hubiese sido, el primer montaje, pero con los radiadores de calor colocados por cada interruptor de los tres vatios que hay, 2.200, 1.200 y 750 W, como no es posible, se ha adoptado el segundo esquema a fin de que todas las líneas, tengan la misma sección y el mismo interruptor.

El reparto de la carga se hará teniendo en cuenta, los consumos de cada receptor, no el número de elementos, como puede observarse en la figura 5

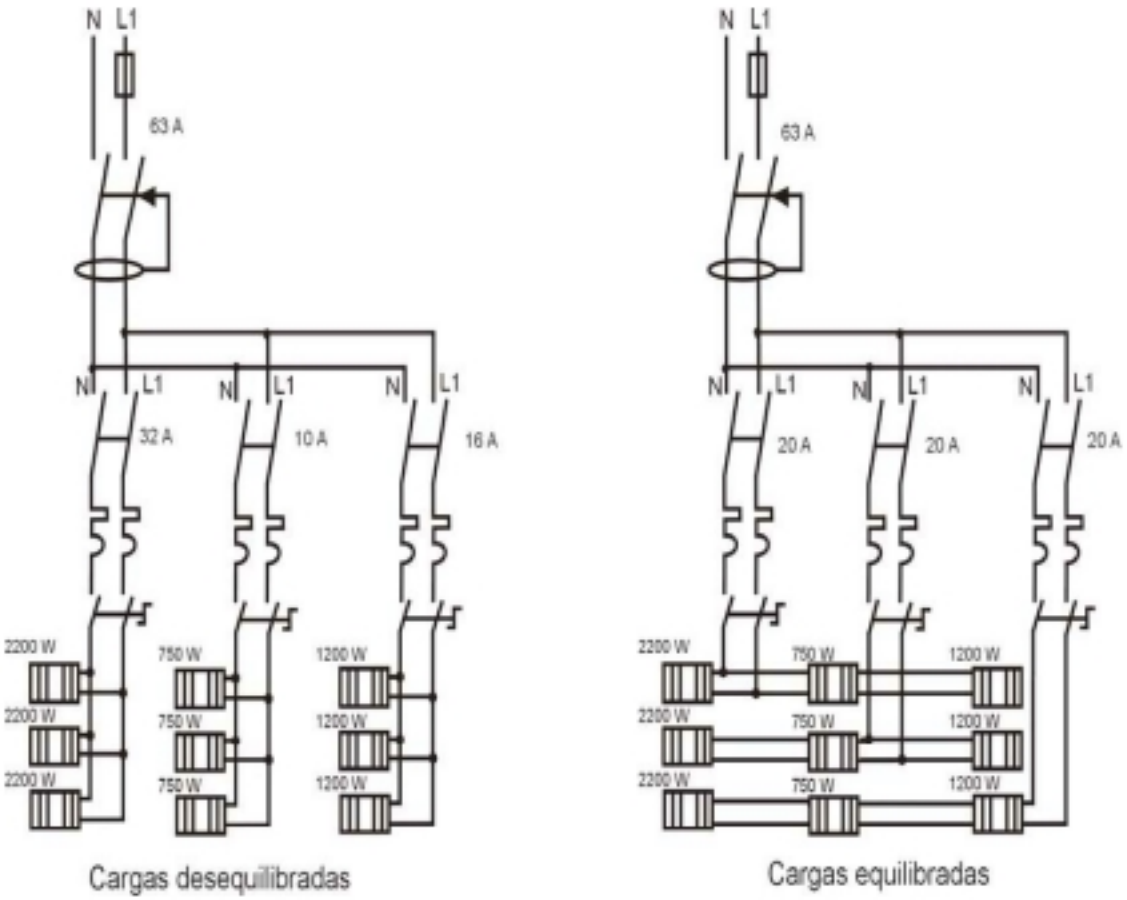


Figura 5 DOS FORMAS DE HACER EL MISMO MONTAJE DE CALEFACCIÓN

Conviene **aplicar la tabla 1 a estos esquemas**, y **averiguar qué sección les correspondería a los conductores** según el caso primero, y segundo

Otro ejercicio muy conveniente, podría ser **pintar el esquema de otra tercera solución a este montaje para una línea trifásica**. Este esquema, sería incluso mas real que los de la figura 5, ya que, para **consumos superiores a 50 A, se debe de diseñar con corrientes trifásicas.**

9. POSIBILIDAD DE SEPARACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN

En el uso de una instalación normal, a veces, se presentan averías, o se producen circunstancias no previstas en principio, que requieran separar una parte de la instalación del resto. Para este fin, la instalación se realiza de modo que sea fácil y rápido la desconexión de cualquier línea que parta del cuadro general. Los dispositivos admitidos para esta desconexión, que garantizarán la separación omnipolar son:

- Los cortacircuitos fusibles
- Los seccionadores
- Los interruptores
- Los bornes de conexión

Figura 6 DISPOSITIVOS DONDE PUEDE SEPARARSE UNA DERIVACIÓN INDIVIDUAL

El conductor neutro, o el compensador si se trata de corriente continua, actúan constantemente como medio automático para mantener el equilibrio entre una fase que consume mucho con otra que consume poco, manteniendo el voltaje constante entre fases, si este neutro se corta, estas compensaciones automática de la tensión dejan de existir; el resultado es que aparecen tensiones más baja en las fases que tiene mayor cargo, y tensiones muy superiores a las toleradas en las fases con menor carga, produciendo el deterioro de los receptores conectados a esta fase. Por tanto, el neutro nunca podrá ser interrumpido, por esta razón en el neutro no se coloca fusible. Cuando existen receptores trifásicos, se coloca interruptores trifásicos, el neutro tan solo lleva un borne, y por tanto, no se corta.
No obstante existen casos en que es preciso cortar también el neutro, esto solo se puede hacer si, al mismo tiempo que se corta el neutro, también se corta la fase, usando para ello interruptores omnipolares.

En al figura 7 dos casos de corte del neutro, con magnetotérmico bipolar, y magnetotérmico tetrapolar, ambos de corte omnipolar.

Figura 7 EL NEUTRO SOLO PUEDE SER CORTADO AL MISMO TIEMPO QUE LA FASE

10. MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS O INDIRECTOS

En el tema 4 ya se explicó que un contacto indirecto es cuando una máquina se deriva, para esta circunstancia se colocan los diferenciales.

También se ha explicado que para evitar los contactos directos lo que hay que hacer es interponer un obstáculo que impidan tocar las partes en tensión.

Las instalaciones eléctricas se establecerán de forma que no supongan riesgo para las personas y los animales domésticos, tampoco para los bienes, tanto en servicio normal como cuando puedan presentarse averías previsibles.

Las medidas de protección recomendadas son aquellas que se señalan en la Instrucción **ITC-BT-24**, que se añaden al final de este tema.

11. CONEXIONES

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple **retorcimiento** o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando **bornes de conexión** montados individualmente o constituyendo bloques **o regletas de conexión**; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión.

Siempre **deberán realizarse en el interior de cajas de empalme** y/o de derivación

Figura 8 CAJAS DE REGISTRO PARA EMPOTRAR

Los conductores de sección superior a **6 mm²** deberán conectarse por medio de **terminales adecuados**.

En la figura 9 puede verse lo que ofrece un solo fabricante en variedad de terminales. Entre ellos sobresalen por su tamaño los bimetálicos, imprescindibles en las uniones de un conductor de aluminio con el contacto de cobre del interruptor. Ningún interruptor se fabrica de aluminio, en cambio, los conductores pueden ser lo mismo de cobre como de aluminio.

Figura 9 TERMINALES

Hoy día, la mayoría de los fabricantes, dan a los bornes de interruptores una forma especial de forma que se puede conectar los conductores al mecanismo directamente, **sin colocar terminales**, pero no todos. Cuando las corrientes son elevadas, la colocación de terminales son imprescindibles, véase en el tema 7 de herramientas, como son las que se usan en la colocación de terminales.

Figura 10 INTERRUPTORES DE POTENCIA PARA TERMINALES Y SIN TERMINALES

12. SISTEMAS DE INSTALACIÓN

La **ITC-BT-20** contiene la norma a seguir en la instalación de líneas dentro de recintos, que pueden ser según se resumen en la tabla 1:

Con conductores desnudos, o conductores aislados. Los conductores aislados, a su vez, pueden ser de un solo conductor o de varios conductores.

En esta tabla se dice también que pueden existir hasta ocho formas diferentes de colocar los conductores, como es:

Sueltos, sin fijación alguna. Fijado directamente a la pared. Dentro de tubos. En canales y molduras. Colocados en bandejas. Sobre aisladores. Los conductores pueden planos y pueden llevar incluido el fiador de suspensión.

Dependiendo de la clase de conductor que se utilice en esta tabla 1 se dice lo que está permitido y la forma en que no se pueden utilizar.

La tabla 1 se complementa con la tabla 2 dando hasta siete situaciones distintas.

Por ejemplo, se desea saber:

> ¿Se puede utilizar para una instalación interior, los huecos de la construcción que hay entre las paredes de una escalera, sin fijaciones intermedias si el cable es del tipo multipolar (manguera)?. La respuesta está en la tabla 1, y también en la tabla 2

La selección del tipo de canalización en cada instalación particular se realizara escogiendo, en función de las influencias externas expuestas en estas dos tablas.

13. CIRCUITOS DIFERENTES

Varios circuitos pueden encontrarse **en el mismo tubo** o en el mismo compartimiento de canal **si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada**. No inferior a 450/750 V.

Separación de circuitos

No deben instalarse circuitos de potencia y circuitos de muy baja tensión (MBTS) o de seguridad (MBTP) en las mismas canalizaciones, a menos que cada cable esté aislado para la tensión más alta presente

Accesibilidad

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que **faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones**.

Identificación

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la **conveniente identificación de sus circuitos** y elementos, **se pueda proceder en todo momento a reparaciones**, transformaciones, etc. Por otra parte, el **conductor neutro o compensador, cuando exista, estará claramente diferenciado de los demás conductores**.

14. PASO A TRAVÉS DE LOS ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

El paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, como muros, tabiques y techos, de un edificio a otro, se detallan en la instrucción técnica **ITC-BT-21**, que en resumen son estas:

En toda la longitud del paso de canalizaciones **no se dispondrán empalmes o derivaciones** de cables. Podrá ser antes del paso o después del paso, pero nunca en ese tramo.

Las canalizaciones estarán suficientemente **protegidas contra los deterioros** de todo tipo.

Al atravesar un elemento constructivo que separe dos locales de humedades marcadamente diferentes, se dispondrán de modo que se **impida la entrada y acumulación de agua en el local menos húmedo, curvándolos convenientemente en su extremo hacia el local más húmedo.**

Cuando los pasos desemboquen al exterior se instalará en **el extremo del tubo una pipa de porcelana o vidrio**, dispuesta de modo que el paso exterior-interior de los conductores se efectúe en sentido ascendente.

Los extremos de **los tubos metálicos sin aislamiento interior** estarán provistos de **boquillas aislantes de bordes redondeados,**

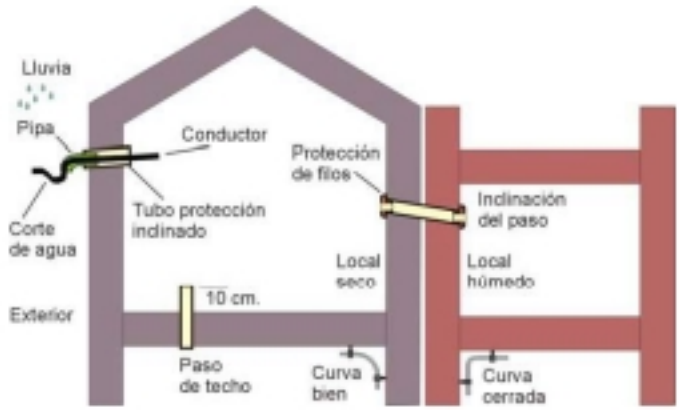


Figura 11 PASOS DE CONDUCTORES

En los pasos de techos por medio de tubo, éste estará obturado mediante cierre estanco y su extremidad superior saldrá por encima del suelo **una altura al menos de 10 centímetros**

15. TUBOS PROTECTORES

Tubos protectores.

Los tubos protectores **se denominan por el diámetro exterior en mm**, el anterior reglamento, los clasificaba por el diámetro interior. Con esta nueva denominación, se ha facilitados la compra de los accesorios para sujetar el tubo. Ahora, si el tubo es de 20, la grapa, la abrazadera y el prensa estopa también son de 20, sin necesidad de tener en cuanta el grueso de las paredes del tubo.

Los tubos pueden ser metálicos, o no metálicos. Los accesorios también pueden ser metálicos o no metálicos, o de material compuesto, (metálico cubierto de plástico).

Figura 12. Tubos y accesorios

Tubos en canalizaciones fijas en superficie o empotrada

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Instrucción **ITC-BT 21**, se concreta según el número de conductores y la sección de los mismos, el diámetro que le corresponderá al tubo. La tabla 2 para tubos en superficie y la tabla 5 para empotrados. También para tubos al aire se concretan las medidas en la tabla 7.

En las tres tablas se dan los diámetros para 1 a 5 conductores dentro del mismo tubo. Para más de 5 conductores, por cada tabla se da un factor de multiplicación diferente a cada tabla.

Instalación y colocación de los tubos

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo **lineas verticales y horizontales** o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente **podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial** cuando se precise una unión estanca.

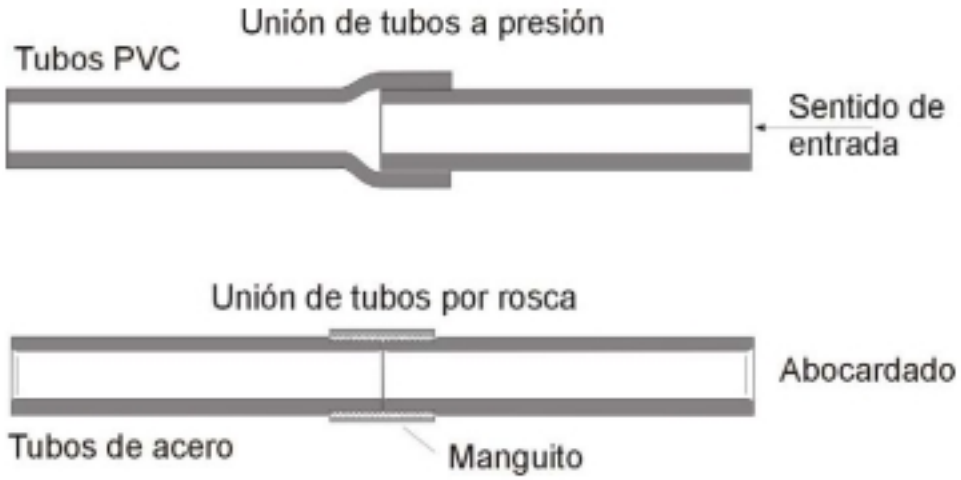


Figura 13 PROLONGACIÓN DE TUBOS

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y **no originarán reducciones de sección inadmisibles**.

Será posible la **fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos** y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. **El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.**

Los **tubos metálicos** que sean accesibles **deben ponerse a tierra**. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia **entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.**

Montaje fijo en superficie

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de **bridas o abrazaderas** protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La **distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metro Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.** (Ver figura 14)

Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

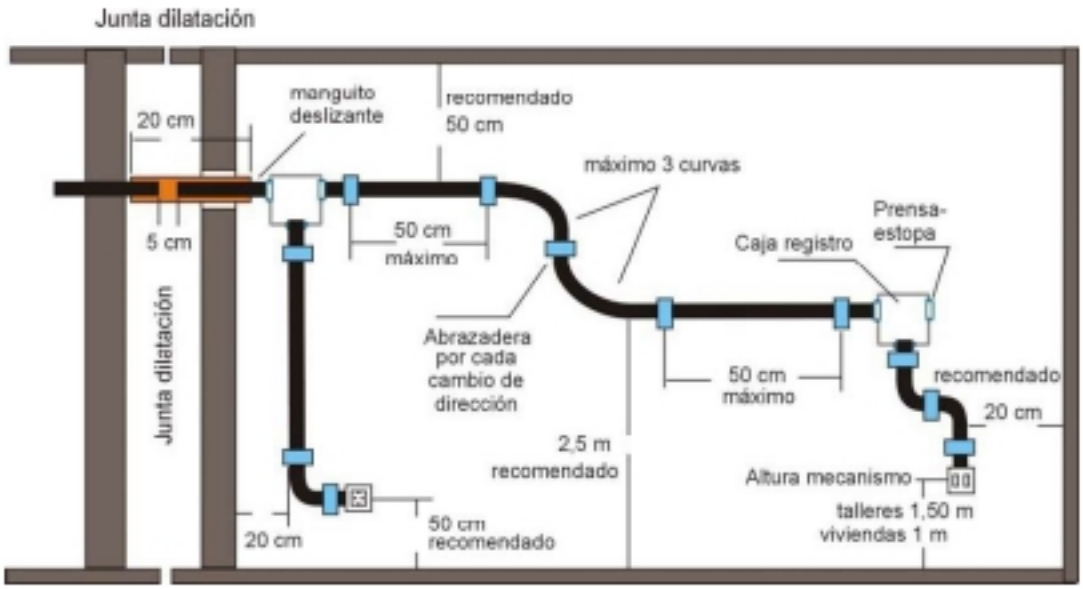


Figura 14 COLOCACIÓN DE TUBOS

En los cruces de tubos rígidos **con juntas de dilatación de un edificio**, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí **5 centímetros aproximadamente**, y empalmándose posteriormente **mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.**

Montaje empotrado

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, que elementos de la construcción, las rozas **no pondrán en peligro la seguridad de las paredes** o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos **queden recubiertos por una capa dé 1 centímetro de espesor**, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa **puede reducirse a 0,5 centímetros**.

No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o **"T" apropiado, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.**

Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. **Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo** cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, **es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros**. (Ver figura 14)

16. NÚMERO DE CIRCUITOS Y CARACTERÍSTICAS

El grado de electrificación básico se plantea como el sistema mínimo, a los efectos de uso, de la instalación interior de las viviendas en edificios nuevos tal como se indica en la **ITC-BT-10 (Previsión de cargas). Su objeto es permitir la utilización de los aparatos electrodomésticos de uso básico sin necesidad de obras posteriores de adecuación**.

La anterior normativa dividía las viviendas en cuatro grados, con número de circuitos distintos: En el grado de electrificación mínima eran tres circuitos, electrificación usual cuatro circuitos, especial seis, y por último la elevada sin especificar. Ello significaba que para un aumento del consumo había que modificar toda la instalación. El nuevo reglamento crea solo dos grados: **electrificación básica** y **elevada**, lo que permitirá aumentar el consumo sin tener que modificar la instalación.

17. CIRCUITOS INTERIORES

Según lo dispuesto en la **ITC-BT-17 (Mando y protección. Interruptor de Control de potencia) y constará como mínimo de:**

Un interruptor general automático de corte omnipolar con accionamiento manual, de intensidad nominal mínima de 25 A y dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. **El interruptor general es independiente del interruptor para el control de potencia (ICP) y no puede ser sustituido por éste.**

Uno o varios interruptores diferenciales que garanticen la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, con una intensidad diferencial-residual máxima **de 30 mA** e intensidad asignada **superior o igual que la del interruptor general.**

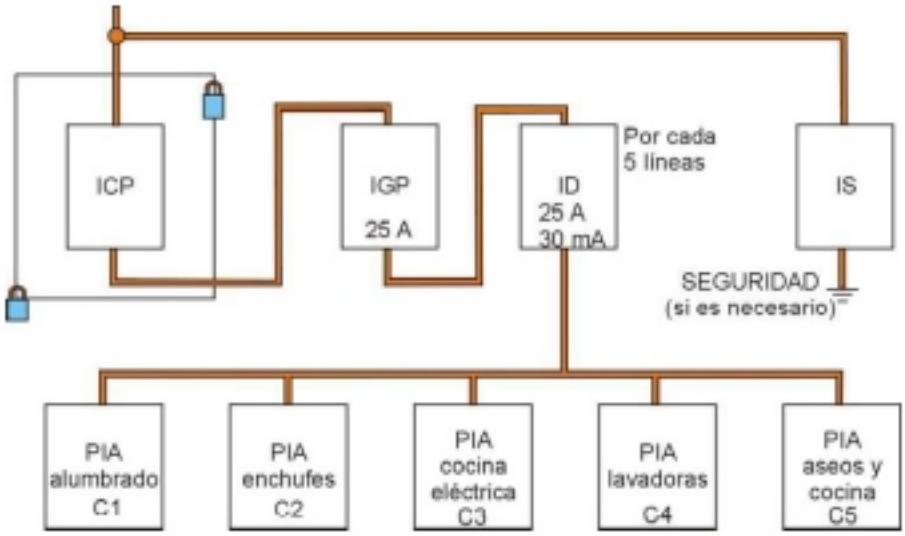


Figura 15 CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN

18. ELECTRIFICACIÓN BÁSICA

El esquema de una instalación básica es el de la figura 14, con cinco líneas denominadas C1, C2, C3, C4, y C5

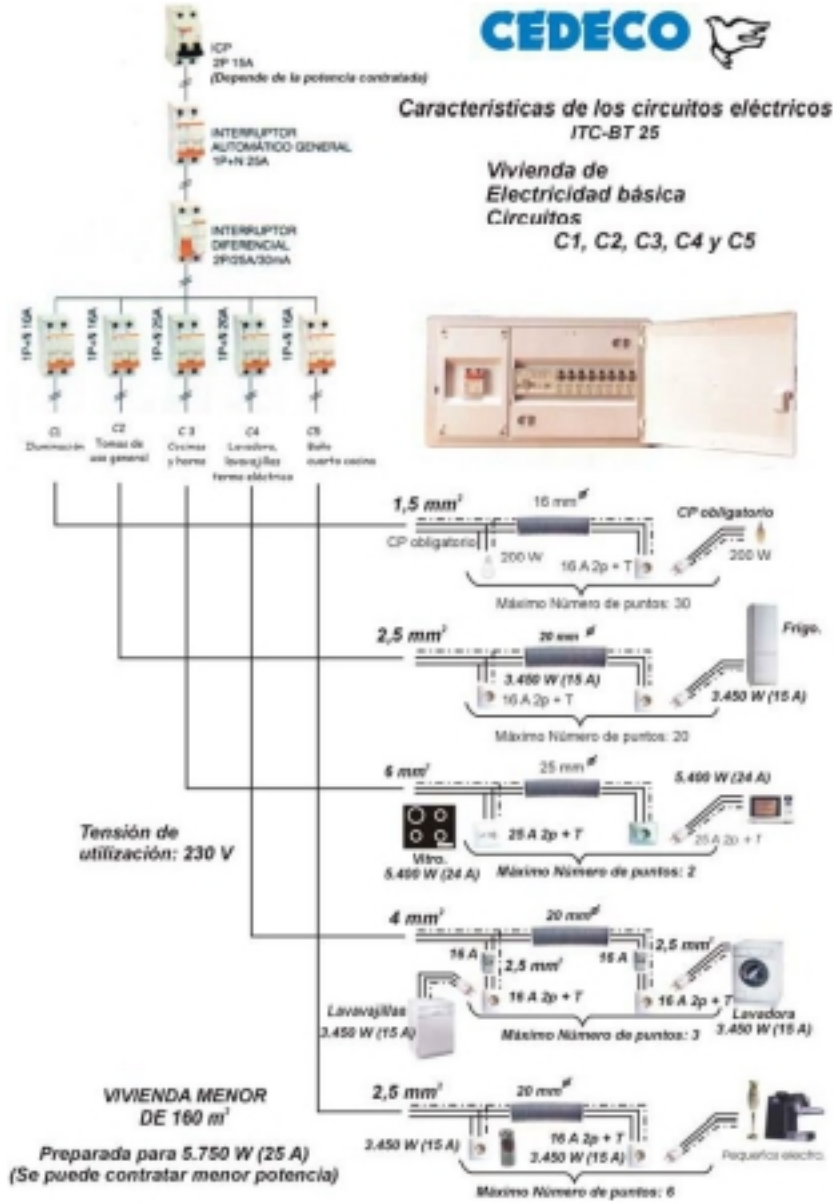


Figura 16 ESQUEMA ELECTRIFICACIÓN BÁSICA

19. ELECTRIFICACIÓN ELEVADA

El esquema de una electrificación elevada es el que se corresponde con la figura 15 en el que, además, de las cinco líneas de la básica existirán al menos otra línea de alumbrado llamada también C1 y otra línea de enchufes con el mismo nombre C2 y otras líneas que dependerán de la particularidad de la vivienda, denominadas líneas C6, C7, C8, C9, C10, C11 y C12.

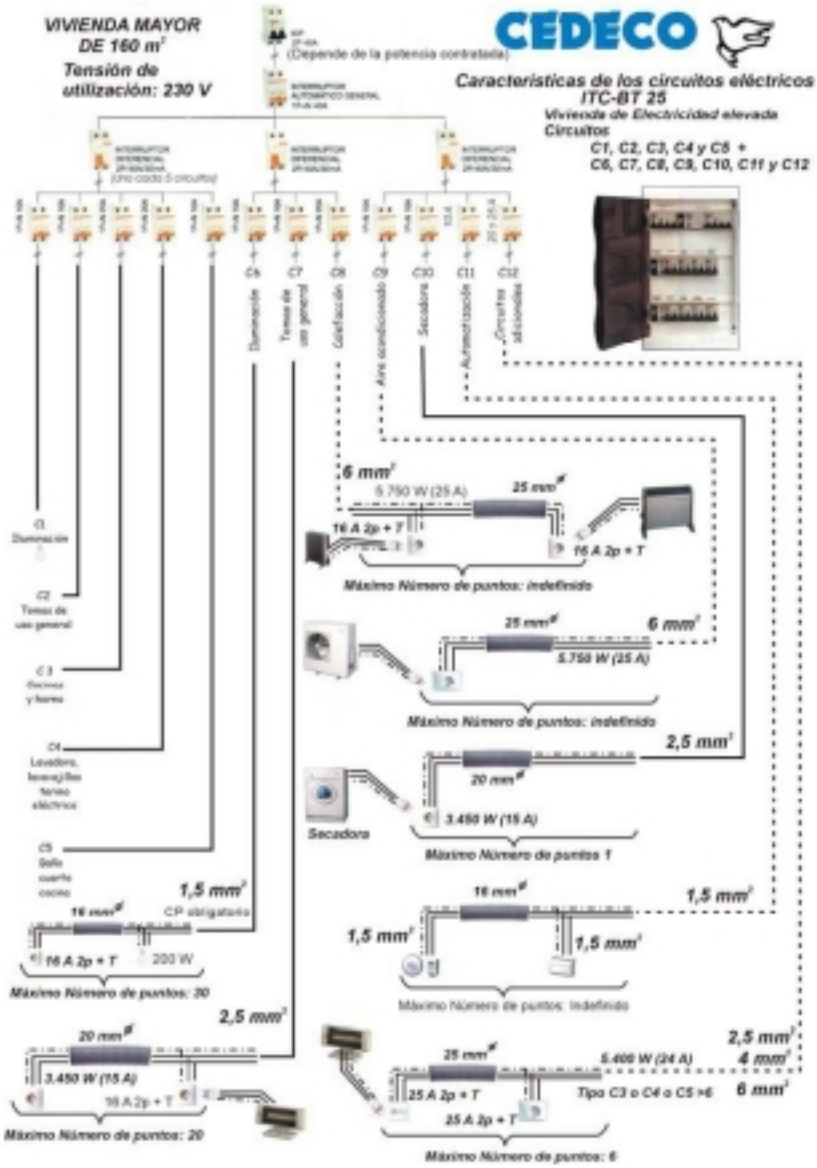


Figura 17 ESQUEMA ELECTRIFICACIÓN ELEVADA

20. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS CIRCUITOS

En la figura 18 se resume la tabla 1 de la ITC-BT 25 que son los circuitos mínimos que debe preverse para una vivienda. Se calcula la intensidad de cada circuito utilizando la fórmula

$$I = n \cdot I_s \cdot Fs \cdot Fu$$

En la que **I** es la intensidad de corriente prevista
n es el número de tomas o receptores
$\mathbf{I_s}$ es la intensidad de corriente prevista por cada receptor
Fs representa el factor de simultaneidad (que funcionan simultáneamente)
Fu el factor de utilización (media de la potencia máxima)

Circuito de utilización		W Cada uno	Fs simultáneos	Fu utilización	Tipo de base	PIA A	Máximo nº por línea	Conductor mm²	Tubo mm
C1	Iluminación	200	0,75	0,5	Luz	10	30	1,5	16
C2	Bases de enchufe	3.450	0,2	0,26	2 x 16 A + T	16	20	2,5	20
C3	Cocina y horno	5.400	0,5	0,75	2 x 25 A + T	25	2	6	25
C4	Lavadora Lavavajillas Termo	3.450	0,66	0,75	Fus 16 2 x 16 A + T	20 uno o 16 dos	3	4 una línea o 2,5 dos líneas	20
C5	Baño y cocina	3.450	0,4	0,5	2 x 16 A + T	16	6	2,5	20
					I = (n . Is . Fs . Fu) N				
C8	Calefacción	5.750 máx	—	—	—	25	—	6	25
C9	Aire acondicionado	5.750 máx	—	—	—	25	—	6	25
C10	Secadora	3.450	1	0,75	2 x 16 A + T	16	1	2,5	20
C11	Automatización	2.300 máx	—	—	—	10	—	1,5	16

Figura 18 CARACTERÍSTICAS DE LOS CIRCUITOS

21. PUNTOS DE UTILIZACIÓN.

En cada estancia se utilizará como mínimo los siguientes puntos de utilización:

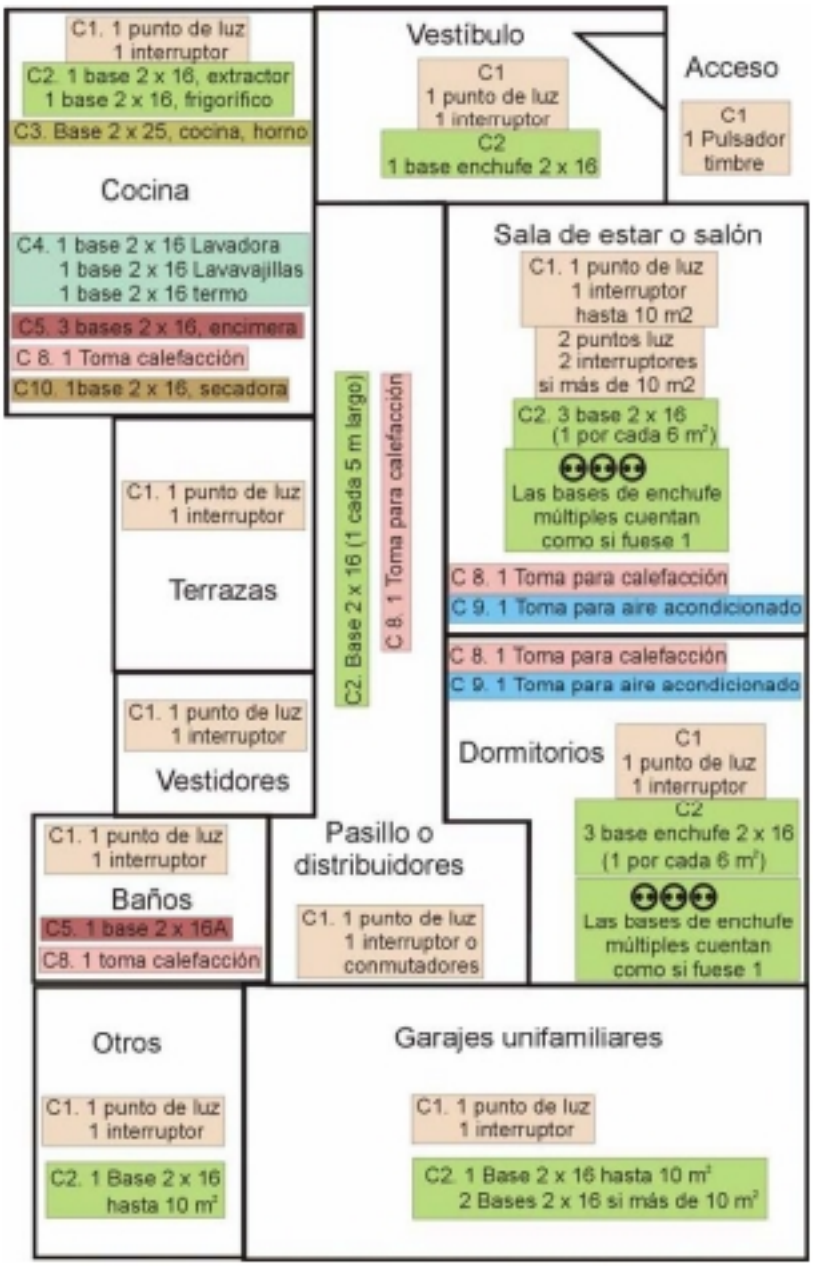


Figura 19 PUNTOS DE UTILIZACIÓN POR ESTANCIAS

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS PRESCRIPCIONES GENERALES

ITC-BT-19

ÍNDICE

- CAMPO DE APLICACIÓN
- PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL
  - 2.1 Regla general
  - 2.2 Conductores activos
  - 2.2.1 Naturaleza de los conductores
  - 2.2.2 Sección de los conductores. Caídas de tensión
  - 2.2.3 Intensidades máximas admisibles
  - 2.2.4 Identificación de conductores
  - 2.3 Conductores de protección
  - 2.4 Subdivisión de las instalaciones
  - 2.5 Equilibrado de cargas
  - 2.6 Posibilidad de separación de la alimentación
  - 2.7 Posibilidad de conectar y desconectar en carga
  - 2.8 Medidas de protección contra contactos directos o indirectos
  - 2.9 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica
  - 2.10 Bases de toma de corriente
  - 2.11 Conexiones

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones contenidas en esta Instrucción se extienden a las instalaciones interiores dentro del campo de aplicación del articulo 2 y con tensión asignada dentro de los márgenes de tensión fijados en el articulo 4 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión

2. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

2.1 Regla general

La determinación de las caracteristicas de la instalación deberá efectuarse de acuerdo con lo señalado en la Norma UNE 20.460-3.

2.2 Conductores activos

2.2.1 Naturaleza de los conductores

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados, excepto cuando vayan montados sobre aisladores, tal como se indica en la ITC-BT- 20.

2.2.2 Sección de los conductores. Caídas de tensión

La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3 % de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, do forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

El número de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente, se determinará en cada caso particular de acuerdo con las indicaciones incluidas en las instrucciones del presente reglamento y en su defecto con las indicaciones facilitadas por el usuario considerando una utilización racional de los aparatos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases.

2.2.3 Intensidades máximas admisibles

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional.

En la siguiente tabla se indican las intensidades admisibles para una temperatura ambiente del aire de 40º C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cables. Para otras temperaturas, métodos de instalación, agrupamientos tipos de cable, así como para conductores enterrados, consultar la Norma UNE 20.460-5-523.

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40º C. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3 x PVC	2 x PVC		3 x XLPE o EPR	2 x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3 x PVC	2 x PVC		3 x XLPE o EPR	2 x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra (2)				3 x PVC	2 x PVC			3 x XLPE o EPR	2 x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra (2)			3 x PVC	2 x PVC		3 x XLPE o EPR		2 x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared (3)					3 x PVC	2 x PVC		3 x XLPE o EPR	2 x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D						3 x PVC		2 x PVC	3 x XLPE o EPR	2 x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a pared no inferir a D							3 x PVC			3 x XLPE o EPR	
G		Cables unipolares separados mínimo D									3 x PVC		3 x XLPE o EPR
Cobre		mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95 120 150 185 240 300	1a+13	11,516	1317,5	13,5 18,5 24 32 44 59 77 96 117 149 180 208 236 268 315 360	2a+40	2a+40	- - - - - - 96 119 145 188 230 267 310 354 419 484	2a+41	2a+41	2a+42	- - - - - - 166 206 250 321 391 455 525 601 711 821

1) A partir de 25 mm² de sección.
2) Incluyendo canales para instalaciones -canaletas- y conductos de sección no circula.
3) O en bandeja no perforada.
4) O en bandeja perforada
5) D es el diámetro del cable.

2.2.4 Identificación de conductores

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor do protección. Esta Identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalados o se prevea para un conductor do fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro.

Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, se utilizará también el color gris.

2.3 Conductores de protección

Se aplicará lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-54 en su apartado 543. Como ejemplo, para los conductores do protección que esté constituidos por el mismo metal que los conductores de fase o polares, tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla 2, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación; en caso de que sean de distinto material, la sección se determinará de forma que presento una conductividad equivalente a la que resulta do aplicar la tabla 2.

Tabla 2.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	S(*) 16 S/2
(*)Con un mínimo de: 2,5 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización ce alimentación y no tienen una protección mecánica	

Para otras condiciones se aplicará la norma UNE 20460 -5-54 apartado 543.

En la instalación de los conductores de protección se tendrá en cuenta:

- Si se aplican diferentes sistemas de protección en instalaciones próximas, se empleará para cada uno de los sistemas un conductor de protección distinto. Los sistemas a utilizar estarán de acuerdo con los indicados en la norma UNE 20.460-3.
- En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia mecánica, según ITC-BT 21 para canalizaciones empotradas.

- No se utilizará un conductor de protección común para instalaciones de tensiones nominales diferentes.
- Si los conductores activos van en el interior de una envolvente común, se recomienda incluir también dentro de ella el conductor de protección, en cuyo caso presentará el mismo aislamiento que los otros conductores. Cuando el conductor do protección se instale fuera de esta canalización seguirá el curso de la misma.
- En una canalización móvil todos los conductores incluyendo el conductor de protección, irán por la misma canalización
- En el caso de canalizaciones que incluyan conductores con aislamiento mineral, la cubierta exterior de estos conductores podrá utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, siempre que su continuidad quede perfectamente asegurada y su conductividad sea como mínimo igual a la que resulte do la aplicación de la Norma UNE 20.460 -5-54, apartado 543.
- Cuando las canalizaciones estén constituidas por conductores aislados colocados bajo tubos de material ferromagnético, o por cables que contienen una armadura metálica, los conductores de protección se colocarán en los mismos tubos o formarán parte de los mismos cables que los conductores activos.
- Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánicos y químicos, especialmente en los pasos a través de los elementos de la construcción.
- Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de uniones soldadas sin empleo de ácido o por piezas de conexión de apriete por rosca, debiendo ser accesibles para verificación y ensayo. Estas piezas serán de material inoxidable y los tornillos de apriete, si se usan, estarán previstos para evitar su desapriete. Se considera que los dispositivos que cumplan con la norma UNE-EN 60.998-2-1 cumplen con esta prescripción.
- Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes (por ejemplo cobre-aluminio).

2.4 Subdivisión de las Instalaciones

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a un piso, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo
- facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos
- evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

2.5 Equilibrado de cargas

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

2.6 Posibilidad de separación de la alimentación

Se podrán desconectar de la fuente de alimentación de energía, las siguientes instalaciones:

- Toda instalación cuyo origen esté en una línea general de alimentación
- Toda instalación con origen en un cuadro de mando o de distribución.

Los dispositivos admitidos para esta desconexión, que garantizarán la separación omnipolar excepto en el neutro de las redes TN-C, son:

- Los cortacircuitos fusibles
- Los seccionadores
- Los interruptores con separación de contactos mayor de 3 mm o con nivel de seguridad equivalente
- Los bornes de conexión, sólo en caso de derivación de un circuito

Los dispositivos de desconexión se situarán y actuarán en un mismo punto de la instalación, y cuando esta condición resulte de difícil cumplimiento, se colocarán instrucciones o avisos aclaratorios. Los dispositivos deberán ser accesibles y estarán dispuestos de forma que permitan la fácil identificación do la parte de la instalación que separan.

2.7 Posibilidad de conectar y desconectar en carga

Se instalarán dispositivos apropiados que permitan conectar y desconectar en carga en una sola maniobra, en:

- Toda instalación interior o receptora en su origen, circuitos principales y cuadros secundarios. Podrán exceptuarse de esta prescripción los circuitos destinados a relojes, a rectificadores para instalaciones telefónicas cuya potencia nominal no exceda de 500 VA y los circuitos de mando o control, siempre que su desconexión impida cumplir alguna función importante para la seguridad do la instalación. Estos circuitos podrán desconectarse mediante dispositivos independientes del general de la instalación.
- Cualquier receptor
- Todo circuito auxiliar para mando o control, excepto los destinados a la tarificación de la energía
- Toda instalación de aparatos de elevación o transporte, en su conjunto.
- Todo circuito de alimentación en baja tensión destinado a una instalación de tubos luminosos de descarga en alta tensión
- Toda instalación de locales que presente riesgo de incendio o de explosión.
- Las instalaciones a la intemperie
- Los circuitos con origen en cuadros de distribución
- Las instalaciones de acumuladores
- Los circuitos de salida de generadores

Los dispositivos admitidos para la conexión y desconexión en carga son:

- Los interruptores manuales.
- Los cortacircuitos fusibles de accionamiento manual, o cualquier otro sistema aislado que permita estas maniobras siempre que tengan poder de corte y de cierre adecuado e independiente del operador.
- Las clavijas de las tomas de corriente de intensidad nominal no superior a 16 A.

Deberán ser de corte omnipolar los dispositivos siguientes:

- Los situados en el cuadro general y secundarios de toda instalación interior o receptora.
- Los destinados a circuitos excepto en sistemas do distribución TN-C, en los que el corte del conductor neutro esta prohibido y excepto en los TN-S en los que se pueda asegurar que el conductor neutro esta al potencial de tierra.
- Los destinados a receptores cuya potencia sea superior a 1.000 W, salvo que prescripciones particulares admitan corte no omnipolar.
- Los situados en circuitos que alimenten a lámparas de descarga o autotransformadores.
- Los situados en circuitos que alimenten a instalaciones de tubos do descarga en alta tensión.

En los demás casos, los dispositivos podrán no ser de corte omnipolar.

El conductor neutro o compensador no podrá ser interrumpido salvo cuando el corto se establezca por interruptores omnipolares.

2.8 Medidas de protección contra contactos directos o Indirectos

Las instalaciones eléctricas se establecerán de forma que no supongan riesgo para las personas y los animales domésticos tanto en servicio normal como cuando puedan presentarse averías previsibles.

En relación con estos riesgos, las instalaciones deberán proyectarse y ejecutarse aplicando las medidas de protección necesarias contra los contactos directos e indirectos.

Estas medidas de protección son las señaladas en la Instrucción ITC-BT-24 y deberán cumplir lo indicado en la UNE 20.460, parte 4-41 y parte 4-47.

2.9 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tabla 3

Tensión nominal de la Instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (M Ω)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 0,1
Nota: Para instalaciones a MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36		

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 metros. Cuando esta longitud exceda del valor anteriormente citado y pueda fraccionarse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento que corresponda.

Cuando no sea posible efectuar el fraccionamiento citado, se admite que el valor de la resistencia de aislamiento de toda la instalación sea, con relación al mínimo que le corresponda, inversamente proporcional a la longitud total, en hectómetros, de las canalizaciones.

El aislamiento se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante un generador de corriente continua capaz de suministrar las tensiones de ensayo especificadas en la tabla anterior con una corriente de 1 mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada tensión.

Durante la medida, los conductores, incluido el conductor neutro o compensador, estarán aislados de tierra, así como de la fuente de alimentación de energía a la cual están unidos habitualmente. Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro, se suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciéndose una vez terminada ésta.

Cuando la instalación tenga circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fases y el neutro estarán unidos entre sí durante las medidas.

La medida de aislamiento con relación a tierra, se efectuará uniendo a ésta el polo positivo del generador y dejando, en principio, todos los receptores conectados y sus mandos en posición "paro", asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica; los dispositivos de interrupción se pondrán en posición de "cerrado" y los cortacircuitos instalados como en servicio normal. Todos los conductores se conectarán entre sí incluyendo el conductor neutro o compensador, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectará el polo negativo del generador.

Cuando la resistencia de aislamiento obtenida resultara inferior al valor mínimo que le corresponda, se admitirá que la instalación es, no obstante correcta, si se cumplen las siguientes condiciones:

- Cada aparato receptor presenta una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la Norma UNE que le concierna o en su defecto 0,5 MΩ
- Desconectados los aparatos receptores, la instalación presenta la resistencia de aislamiento que le corresponda.

La medida de la resistencia de aislamiento entre conductores polares, se efectúa después de haber desconectado todos los receptores, quedando los interruptores y cortacircuitos en la misma posición que la señalada anteriormente para la medida del aislamiento con relación a tierra. La medida de la resistencia de aislamiento se efectuará sucesivamente entre los conductores tomados dos a dos, comprendiendo el conductor neutro o compensador.

Por lo que respecta a la rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1000 voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1.500 voltios. Este ensayo se realizará para cada uno de los conductores incluido el neutro o compensador, con relación a tierra y entre conductores, salvo para aquellos materiales en los que se justifique que haya sido realizado dicho ensayo previamente por el fabricante.

Durante este ensayo los dispositivos de interrupción se pondrán en la posición de "cerrado" y los cortacircuitos instalados como en servicio normal. Este ensayo no se realizará en instalaciones correspondientes a locales que presenten riesgo de incendio o explosión.

Las corrientes de fuga no serán superiores para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

2.10 Bases de toma de corriente

Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán del tipo indicado en las figuras C2a, C3a o ESB 25-5a de la norma UNE 20315. El tipo indicado en la figura C3a queda reservado para instalaciones en las que se requiera distinguir la fase del neutro, o disponer de una red de tierras especifica.

En instalaciones diferentes de las indicadas en la ITC-BT-25 para viviendas, además, se admitirán las bases de toma de corriente indicadas en la serie de normas UNE EN 60309.

Las bases móviles deberán ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1a, C2a o C3a de la Norma UNE 20315. Las clavijas utilizadas en los cordones prolongadores deberán ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1b, C2b, C4, C6 o ESB 25-5b.

Las bases de toma de corriente del tipo indicado en las figuras C1a, las ejecuciones fijas de las figuras ESB 10-5 y ESC 10-1 a, así como las clavijas de las figuras ESB 10-5b y C1b, recogidas en la norma UNE 20315, solo podrán comercializarse e instalarse para reposición de las existentes.

2.11 Conexiones

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación salvo en los casos indicados en el apartado 3.1. de la ITC-BT-21. Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes y si el sistema adoptado es de tornillo de aprieto entre una arandela metálica bajo su cabeza y una superficie metálica, los conductores de sección superior a 6 mm^2 deberán conectarse por medio de terminales adecuados, de forma que las conexiones no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS
SISTEMAS DE INSTALACIÓN

ITC-BT-20

ÍNDICE

1. GENERALIDADES

2. SISTEMAS DE INSTALACIÓN
- 2.1 Prescripciones Generales
- 2.1.1 Disposiciones
- 2.1.2 Accesibilidad
- 2.1.3 Identificación
- 2.2 Condiciones particulares
- 2.2.1 Conductores aislados bajo tubos protectores
- 2.2.2 Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes
- 2.2.3 Conductores aislados enterrados
- 2.2.4 Conductores aislados directamente empotrados en estructuras
- 2.2.5 Conductores aéreos
- 2.2.6 Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción
- 2.2.7 Conductores aislados bajo canales protectoras
- 2.2.8 Conductores aislados bajo molduras
- 2.2.9 Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas
- 2.2.10 Canalizaciones eléctricas prefabricadas

– PASO A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

1. GENERALIDADES

Los sistemas de instalación que se describen en esta Instrucción Técnica deberán tener en consideración los principios fundamentales de la norma UNE 20460 -5-52.

2. SISTEMAS DE INSTALACIÓN

La selección del tipo de canalización en cada instalación particular se realizara escogiendo, en función de las influencias externas, el que se considere más adecuado de entre los descritos para conductores y cables en la norma UNE 20.460 -5-52.

2.1 Prescripciones Generales

Circuitos de potencia

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

Separación de circuitos

No deben instalarse circuitos de potencia y circuitos de muy baja tensión de seguridad (MBTS o MBTP) en las mismas canalizaciones, a menos que cada cable esté aislado para la tensión más alta presente o se aplique una de las disposiciones siguientes:

- que cada conductor de un cable de varios conductores esté aislado para la tensión más alta presente en el cable;
- que los conductores estén aislados para su tensión e instalados en un compartimento separado de un conducto o de una canal, si la separación garantiza el nivel de aislamiento requerido para la tensión más elevada.

2.1.1 Disposiciones

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para protegerlas canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones eléctricas y las no eléctricas sólo podrán ir dentro de un mismo canal o hueco en la construcción, cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- La protección contra contactos indirectos estará asegurada por alguno de los sistemas señalados en la Instrucción ITC-BT-24, considerando a las conducciones no eléctricas, cuando sean metálicas, como elementos conductores.
- Las canalizaciones eléctricas estarán convenientemente protegidas contra los posibles peligros que pueda presentar su proximidad a canalizaciones, y especialmente se tendrá en cuenta:
  - La elevación de la temperatura, debida a la proximidad con una conducción de fluido caliente.
  - La condensación
  - La inundación, por avería en una conducción de líquidos; en este caso se tomarán todas las disposiciones convenientes para asegurar su evacuación
  - La corrosión, por avería en una conducción que contenga un fluido corrosivo
  - La explosión, por avería en una conducción que contenga un fluido inflamable

  - La intervención por mantenimiento o avería en una de las canalizaciones puede realizarse sin dañar al resto

2.1.2 Accesibilidad

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Estas posibilidades no deben ser limitadas por el montaje de equipos en las envolventes o en los compartimentos.

2.1.3 Identificación

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc. Por otra parte, el conductor neutro o compensador, cuando exista, estará claramente diferenciado de los demás conductores.

Las canalizaciones pueden considerarse suficientemente diferenciadas unas de otras, bien por la naturaleza o por el tipo de los conductores que la componen, o bien por sus dimensiones o por su trazado. Cuando la identificación pueda resultar difícil, debe establecerse un plano de la instalación que permita, en todo momento, esta identificación mediante etiquetas o señales de aviso indelebles y legibles.

2.2 Condiciones particulares

Los sistemas de instalación de las canalizaciones en función de los tipos de conductores o cables deben estar de acuerdo con la tabla 1, siempre y cuando las influencias externas estén de acuerdo con las prescripciones de las normas de canalizaciones correspondientes. Los sistemas de instalación de las canalizaciones, en función de la situación deben estar de acuerdo con la tabla 2.

Tabla 1. Elección de las canalizaciones.

Conductores y cables		**Sistemas de instalación**							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales y molduras	Conductos de sección no circular	Bandejas de escaleras Bandejas soportes	Sobre aisladores	Con fiador
Conductores desnudos		-	-	-	-	-	-	+	-
Conductores aislados		-	-	+	*	+	-	+	-
Cables con cubierta	Multi-polares	+	+	+	+	+	+	0	+
	Uni-polares	0	+	+	+	+	+	0	+

+: Admitido
-: No admitido
0: No aplicable o no utilizado en la práctica
*: Se admiten conductores aislados sin la tapa sólo puede abrirse con un útil o con una acción manual importante y la canal es IP 4X o IP XXD

Tabla 2. Situación de las canalizaciones.

Situaciones		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales y molduras	Conductos de sección no circular	Bandejas de escaleras Bandejas soportes	Sobre aisladores	Con fiador
Huecos de la construcción	Accesibles	+	+	+	+	+	+	-	0
	No Accesibles	+	0	+	0	+	0	-	-
Canal de obra		+	+	+	+	+	+	-	-
Enterrados		+	0	+	-	+	0	-	-
Empotrados en estructuras		+	+	+	+	+	0	-	-
En montaje superficial		-	+	+	+	+	+	+	-
Aéreo		-	-	(*)	+	-	+	+	+

+: Admitido
-: No admitido
0: No aplicable o no utilizado en la práctica
(*): No se utiliza en la práctica salvo en instalaciones cortas y destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida

2.2.1 Conductores aislados bajo tubos protectores

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V y los tubos cumplirán lo establecido en la ITC-BT-21

2.2.2 Conductores aislados fijados directamente a las paredes

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 KV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20.460 -5-52.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los puntos de fijación de los cables estarán suficientemente próximos para evitar que esta distancia pueda quedar disminuida. Cuando el cruce de los cables requiera su empotramiento para respetar la separación mínima de 3 cm, se seguirá lo dispuesto en el apartado 2.2.1 de la presente instrucción. Cuando el cruce se realice bajo molduras, se seguirá lo dispuesto en el apartado 2.2.8 de la presente instrucción.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los cables con aislamiento mineral, cuando lleven cubiertas metálicas, no deberán utilizarse en locales que puedan presentar riesgo de corrosión para las cubiertas metálicas de estos cables, salvo que esta cubierta este protegida adecuadamente contra la corrosión.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

2.2.3 Conductores aislados enterrados

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en las instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

2.2.4 Conductores aislados directamente empotrados en estructuras

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral. La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5ºC y 90ºC respectivamente (por ejemplo con polietileno reticulado o etileno-propileno).

2.2.5 Conductores aéreos

Los conductores aéreos no cubiertos en 2.2.2, cumplirán lo establecido en la ITC-BT-06

2.2.6 Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción

Estas canalizaciones están constituidas por cables colocados en el interior de huecos de la construcción según UNE 20.246 -5-52. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire. En el caso de conductos continuos, éstos no podrán destinarse simultáneamente a otro fin (ventilación, etc.).

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones. Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Normalmente, como los cables solamente podrán fijarse en puntos bastante alejados entre sí, puede considerarse que el esfuerzo resultante de un recorrido vertical libre no superior a 3 metros quede dentro de los límites admisibles. Se tendrá en cuenta al disponer de puntos de fijación que no debe quedar comprometida ésta, cuando se suelten los bornes de conexión especialmente en recorridos verticales y se trate de bornes que están en su parte superior.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

Cuando no se tomen las medidas pará evitar los riesgos anteriores, las canalizaciones cumplirán las prescripciones establecidas para las instalaciones en locales húmedos e incluso mojados que pudieran afectarles.

2.2.7 Conductores aislados bajo canales protectoras

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable.

Las canales deberán satisfacer lo establecido en la ITC-BT-21.

En las canales protectoras de grado IP4X o superior y clasificadas como "canales con tapa de acceso que solo puede abrirse con herramientas" según la norma UNE-EN 50.085 -1, se podrá:

- Utilizar conductor aislado, de tensión asignada 450/750 V
- Colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corrientes, dispositivos de mando y control, etc., en su interior, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

En las canales protectoras de grado de protección inferior a IP4X o clasificadas cómo "canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas", según la Norma UNE EN 50085 -1, solo podrá utilizarse conductor aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

2.2.8 Conductores aislados bajo molduras

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos.

Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V

Las molduras podrán ser reemplazadas por guarniciones de puertas, astrágalos o rodapiés ranurados, siempre que cumplan las condiciones impuestas para las primeras.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm^2 serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.

- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, 'tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.
- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

2.2.9 Conductores aislados en bandela o soporte de bandelas

Sólo se utilizará conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460 -5-52.

2.2.10 Canalizaciones eléctricas prefabricadas

Deberán tener un grado de protección adecuado a las características del local por el que discurren.

Las canalizaciones prefabricadas para iluminación deberán ser conformes con las especificaciones de las normas de la serie UNE EN 60570.

Las características de las canalizaciones de uso general deberán ser conformes con las especificaciones de la Norma UNE EN 60439 -2

3. PASO A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

El paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

- En toda la longitud de los pasos de canalizaciones no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables.
- Las canalizaciones estarán suficientemente protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad. Esta protección se exigirá de forma continua en toda la longitud del paso.
- Si se utilizan tubos no obturados para atravesar un elemento constructivo que separe dos locales de humedades marcadamente diferentes, se dispondrán de modo que se impida la entrada y acumulación de agua en el local menos húmedo, curvándolos convenientemente en su extremo hacia el local más húmedo. Cuando los pasos desemboquen al exterior se instalará en el extremo del tubo una pipa de porcelana o vidrio, o de otro material aislante adecuado, dispuesta de modo que el paso exterior-interior de los conductores se efectúe en sentido ascendente.
- En el caso que las canalizaciones sean de naturaleza distinta a uno y otro lado del paso, éste se efectuará por la canalización utilizada en el local cuyas prescripciones de instalación sean más severas.

- Para la protección mecánica de los cables en la longitud del paso, se dispondrán éstos en el interior de tubos normales cuando aquella longitud no exceda de 20 cm y si excede, se dispondrán tubos conforme a la tabla 3 de la Instrucción ITC-BT-21. Los extremos de los tubos metálicos sin aislamiento interior estarán provistos de boquillas aislantes de bordes redondeados o de dispositivo equivalente, o bien los bordes de los tubos estarán convenientemente redondeados, siendo suficiente para los tubos metálicos con aislamiento interior que éste último sobresalga ligeramente del mismo. También podrán emplearse para proteger los conductores los tubos de vidrio o porcelana o de otro material aislante adecuado de suficiente resistencia mecánica. No necesitan protección suplementaria los cables provistos de una armadura metálica ni los cables con aislamiento mineral, siempre y cuando su cubierta no sea atacada por materiales de los elementos a atravesar.
- Si el elemento constructivo que debe atravesarse separa dos locales con las mismas características de humedad, pueden practicarse aberturas en el mismo que permitan el paso de los conductores respetando en cada caso las separaciones indicadas para el tipo de canalización de que se trate.
- Los pasos con conductores aislados bajo molduras no excederán de 20 cm; en los demás casos el paso se efectuará por medio de tubos.
- En los pasos de techos por medio de tubo, éste estará obturado mediante cierre estanco y su extremidad superior saldrá por encima del suelo una altura al menos igual a la de los rodapiés, si existen, o a 10 centímetros en otro caso. Cuando el paso se efectúe por otro sistema, se obturará igualmente mediante material incombustible, de clase y resistencia al fuego, como mínimo, igual a la de los materiales de los elementos que atraviesa.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS
TUBOS Y CANALES PROTECTORAS

ITC-BT-21

ÍNDICE

1. TUBOS PROTECTORES
– Generalidades
1.2 Características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación
1.2.1 Tubos en canalizaciones fijas en superficie
1.2.2 Tubos en canalizaciones empotradas
1.2.3 Canalizaciones aéreas o con tubos al aire
1.2.4 Tubos en canalizaciones enterradas

– INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LOS TUBOS
2.1 Prescripciones generales
2.2 Montaje fijo en superficie
2.3 Montaje fijo empotrado
2.4 Montaje al aire

3. CANALES PROTECTORAS
3.1 Generalidades
3.2 Características de las canales

4. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LAS CANALES
4.1 Prescripciones generales

1. TUBOS PROTECTORES

1.1 Generalidades

Los tubos protectores pueden ser:

– Tubo y accesorios metálicos.
– Tubo y accesorios no metálicos.
– Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

UNE-EN 50.086-2-1: Sistemas de tubos rígidos
UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables
UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles
UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086 -2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE)

1.2 Características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación

1.2.1 Tubos en canalizaciones fijas en superficie

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1.

Tabla 1. Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales ordinarias fijas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5º C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60° C
Resistencia al curvado	37257	Rígido/curvables
Propiedades eléctricas	37257	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra Objetos D≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el Sistema de tubos está inclinado 15º
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086 -2-1, para tubos rígidos y UNE-EN 50086 -2-2, para tubos curvables.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 2. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	1,21e+29	1,21e+29	16	16	16
2,5			16	16	20
4			20	20	20
6			20	20	25
10			25	32	32
16			32	32	32
25			32	40	40
35			40	40	50
50			50	50	50
70			50	63	63
95			63	63	75
120			63	75	75
150			75	75	--
185			75	--	--
240			--	--	--

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo igual a 2,5 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.2 Tubos en canalizaciones empotradas

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles y sus características mínimas se describen en la tabla 3 para tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra y en la tabla 4 para tubos empotrados embebidos en hormigón.

Las canalizaciones ordinarias precableadas destinadas a ser empotradas en ranuras realizadas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos) serán flexibles o curvables y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la tabla 4.

Tabla 3. Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción y canales protectoras de obra

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5° C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60° C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declarada
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra Objetos D≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el Sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 4. Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias embebidas en hormigón y para canalizaciones precableadas

Caracteristica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5º C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90º C(1)
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declarada
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra el polvo
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

(1) Para canalizaciones precableadas Ordinarias empotradas en obra de fabrica (paredes, techos y falsos techos) se acepta una temperatura máxima de instalación y servicio código 1; +60° C.

El cumplimiento de las características indicadas en las tablas 3 y 4 se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086 -2-1, para tubos rígidos, UNE-EN 50.086 -2-2, para tubos curvables y UNE-EN 50.086 -2-3, para tubos flexibles.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla 5 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 5. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	1,21e+29	1,22e+29	16	16	20
2,5			20	20	20
4			20	20	25
6			25	25	25
10			25	32	32
16			32	32	40
25			40	40	50
35			40	50	50
50			50	50	63
70			63	63	63
95			63	75	75
120			75	75	--
150			75	--	--
185			--	--	--
240			--	--	--

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.3 Canalizaciones aéreas o con tubos al aire

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la Tabla 6.
Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm^2.

Tabla 6 Características mínimas para canalizaciones de tubos al aire o aéreas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5º C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60º C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades eléctricas	37287	Continuidad /aislado
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra Objetos D≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el Sistema de tubos está inclinado 15º
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior mediana y exterior elevada
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086 -2-3.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla 7 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 7-Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5 2,5 4 6 10 16	1,21e+11	1,22e+11	1,62e+11	1,62e+11	2,02e+11

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será cómo mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.4 Tubos en canalizaciones enterradas

En las canalizaciones enterradas, los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4 y sus características mínimas serán, para las instalaciones ordinarias las indicadas en la tabla 8.

Tabla 8. Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N/ 450 N/750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero/Normal/ Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declarada
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra Objetos D≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Notas:
NA: No aplicable
(*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal: para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086-2-4.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla 9 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a Conducir.

Tabla 9. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	6	7	8	9	10
1,5	2,53e+36	3,23e+37	3,24e+37	3,24e+38	32
2,5					40
4					50
6					63
10					75
16					90
25					110
35					125
50					140
70					160
95					180
120					200
150					225
185					250
240					--

Para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

– INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LOS TUBOS

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir lo indicado a continuación y en su defecto lo prescrito en la norma UNE 20.460 -5-523 y en las ITC-BT-1 9 e ITC-BT-20.

2.1 Prescripciones generales

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos -protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo lineas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086. -2-2.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refiere a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente. Los bornes de conexión para uso doméstico o análogo serán conformes a lo establecido en la correspondiente parte de la norma UNE-EN 60.998.
- Durante la instalación de los conductores para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.
- Para la colocación de los conductores se seguirá lo señalado en la ITC-BT-20.

- A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circundante, etc.) las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:
  - Pantallas de protección calorífuga
  - Alejamiento suficiente de las fuentes de calor
  - Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir
  - Modificación del material aislante a emplear

2.2 Montaje fijo en superficie

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metro Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.

2.3 Montaje fijo empotrado

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, las recomendaciones de la tabla 8 y las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa dé 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

Tabla 10

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	Colocación del tubo antes de terminar la construcción	Preparación de la roza o alojamiento durante la	Ejecución de rozas después de construcción y	OBSERVACIONES
Muros de: ladrillo macizo ladrillo hueco, Siendo el nº de huecos en sentido transversal:	SÍ	X	SÍ	
- uno	SÍ	X	SÍ	Únicamente en rozas verticales y en las horizontales situadas a una distancia del borde superior del muro inferior e 50 cm. La roza, en profundidad, sólo interesará a un tabiquillo de hueco por ladrillo.
- dos o tres	SÍ	X	SÍ	
- mas de tres	SI	X	SÍ	
bloques macizos de hormigón	SÍ	X	X	La roza en profundidad, sólo Interesará a un tabiquillo de hueco por ladrillo. No se colocarán los tubos en diagonal.
bloques huecos de hormigón	SÍ	X	NO	
hormigón en masa	SÍ	SÍ	X	
hormigón armado	SÍ	SÍ	X	
Forjados: placas de hormigón forjados con nervios forjados con nervios y elementos de relleno forjados con viguetas y bovedillas forjados con viguetas y tableros y revoltón de rasilla	 SÍ SÍ SÍ SÍ SÍ SÍ	 SÍ SÍ SÍ SÍ SÍ SÍ	 NO NO NO (**) NO (**) NO (**) NO	(**) Es admisible practicar un orificio en la cara inferior del forjado para introducir los tubos en un hueco longitudinal del mismo

X: Difícilmente aplicable en la práctica
(*): Tubos blindados únicamente

2.4 Montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que las características de la instalación establecidas en la tabla 6 se conserven en todo el sistema especialmente en las conexiones.

3. CANALES PROTECTORAS

3.1 Generalidades

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no perforadas, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable, según se indica en la ITC-BT-01 "Terminología".

Las canales serán conformes a lo dispuesto en las normas de la serie UNE-EN 50.085 y se clasificarán según lo establecido en la misma.

Las características de protección deben mantenerse en todo el sistema. Para garantizar éstas, la instalación debe realizarse siguiendo las instrucciones del fabricante.
En las canales protectoras de grado IP4X o superior y clasificadas como "canales con tapa de acceso que solo puede abrirse con herramientas" según la norma UNE-EN 50.085--1, se podrá:

- Utilizar conductor aislado, de tensión asignada 450/750 V.
- Colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corrientes, dispositivos de mando y control, etc., en su interior, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Realizar empalmes de conductores én su interior y conexiones a los mecanismos.

En las canales protectoras de grado de protección inferior a IP4X o clasificada como "canales, con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas", según la norma UNE-EN 50.085 -1, sólo podrá utilizarse conductor aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

3.2 Características de las canales

En las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias, las características mínimas de las canales serán las indicadas en la tabla 11.

Tabla 11. Caracteristicas minimas para canalizaciones superficiales ordinarias

Caracteristica	Grado	
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	≤ 16 mm	> 16 mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	+ 15º C	-5º C
Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60º C	+ 60º C
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica /aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	No inferir a 2
Resistencia a la penetración del agua	No declarada	
Resistencia a la propagación de la llama	No declarada	

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.085

El número máximo de conductores que pueden ser alojados en el interior de una canal será el compatible con un tendido fácilmente realizable y considerando la incorporación de accesorios en la misma canal.

Salvo otras prescripciones en instrucciones particulares, las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas caracteristicas mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

4) INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LAS CANALES

4.1 Prescripciones generales

- La instalación y puesta en obra de las canales protectoras deberá cumplir lo indicado en la norma UNE-EN 20.460 -5-52 y en las Instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.
- Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.
- No se pondrán utilizar las canales como conductores de protección o de neutro, salvo lo dispuesto en la instrucción ITC-BT-18 para canalizaciones prefabricadas
- La tapa de las canales quedará siempre accesible.

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS NÚMERO DE CIRCUITOS Y CARACTERÍSTICAS

ITC-BT-25

INDICE

1. GRADO DE ELECTRIFICACIÓN BÁSICO

2. CIRCUITOS INTERIORES
- 2.1 Protección general
- 2.2 Previsión para instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad
- 2.3 Derivaciones
- 2.3.1 Electrificación básica
- 2.3.2 Electrificación elevada

3. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CIRCUITOS, SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES Y DE LAS CAÍDAS DE TENSIÓN

4. PUNTOS DE UTILIZACIÓN

1. GRADO DE ELECTRIFICACIÓN BÁSICO

El grado de electrificación básico se plantea como el sistema mínimo, a los efectos de uso, de la instalación interior de las viviendas en edificios nuevos tal como se indica en la ITC-BT-10. Su objeto es permitir la utilización de los aparatos electrodomésticos de uso básico sin necesidad de obras posteriores de adecuación.

La capacidad de instalación se corresponderá como mínimo al valor de la intensidad asignada determinada para el interruptor general automático. Igualmente se cumplirá esta condición para la derivación individual.

2. CIRCUITOS INTERIORES

2.1 Protección general

Los circuitos de protección privados se ejecutarán según lo dispuesto en la ITC-BT-17 y constarán como mínimo de:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar con accionamiento manual, de intensidad nominal mínima de 25 A y dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. El interruptor general es independiente del interruptor para el control de potencia (ICP) y no puede ser sustituido por éste.

- Uno o varios interruptores diferenciales que garanticen la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, con una intensidad diferencial-residual máxima de 30 mA e intensidad asignada superior o igual que la del interruptor general. Cuando se usen interruptores diferenciales en serie, habrá que garantizar que todos los circuitos quedan protegidos frente a intensidades diferenciales-residuales de 30 mA como máximo, pudiéndose instalar otros diferenciales de intensidad superior a 30 mA en serie, siempre que se cumpla lo anterior.
  Para instalaciones de viviendas alimentadas con redes diferentes a las de tipo TT, que eventualmente pudieran autorizarse, la protección contra contactos indirectos se realizará según se indica en el apartado 4.1 de la ITC-BT-24.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones, si fuese necesario, conforme a la ITC BT-23.

2.2 Previsión para instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energia y seguridad

En el caso de instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica e la energía y de seguridad, que se desarrolla en la ITC-BT-51, la alimentación a los dispositivos de control y mando centralizado de los sistemas electrónicos se hará mediante un interruptor automático de corte omnipolar con dispositivo de protección contra sobrecargas y cortocircuitos que se podrá situar aguas arriba de cualquier interruptor diferencial siempre que su alimentación se realice a través de una fuente de MBTS o MBTP, según ITC-BT-36

2.3 Derivaciones

Los tipos de circuitos independientes serán los que se indican a continuación y estarán protegidos cada uno de ellos por un interruptor automático de corte omnipolar con accionamiento manual y dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos con una intensidad asignada según su aplicación e indicada en el apartado 3.

2.3.1 Electrificación básica

Circuitos independientes

C_1 circuito de distribución interna, destinado a alimentar los **puntos de iluminación**.
C_2 circuito de distribución interna, destinado a **tomas de corriente de uso general y frigorífico**.
C_3 circuito de distribución interna, destinado a alimentar la **cocina y horno**.
C_4 circuito de distribución interna, destinado a alimentar la **lavadora, lavavajillas y termo eléctrico**.
C_5 circuito de distribución interna, destinado a alimentar **tomas de corriente de los cuartos de baño**, así como **las bases auxiliares del cuarto de cocina**.

2.3.2 Electrificación elevada

Es el caso de viviendas con una previsión importante de aparatos electrodomésticos que obligue a instalar mas de un circuito de cualquiera de los tipos descritos anteriormente, así como con previsión de sistemas de calefacción eléctrica, acondicionamiento de aire, automatización, gestión técnica de la energía y seguridad o con superficies útiles de tas viviendas superiores a 160 m^2. En este caso se instalará, además de los correspondientes a la electrificación básica, los siguientes circuitos:

C_6 Circuito adicional del **tipo C_1, por cada 30 puntos de luz**
C_7 Circuito adicional del **tipo C_2, por cada 20 tomas** de corriente de uso general o si la superficie útil de la **vivienda es mayor de 160 m^2.**
C_8 Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de **calefacción eléctrica, cuando existe previsión de ésta.**
C_9 Circuito de distribución interna, destinado a la instalación **aire acondicionado, cuando existe previsión de éste**
C_{10} Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de **una secadora independiente**
C_{11} Circuito de distribución interna, destinado a la **alimentación del sistema de automatización,** gestión técnica de la energía y de seguridad, **cuando exista previsión de éste.**
C_{12} Circuitos adicionales de cualquiera de los tipos **C_3 o C_4, cuando se prevean,** o circuito adicional del **tipo C_5, cuando su numero de tomas de corriente exceda de 6.**

Tanto para la electrificación básica como para la elevada, se colocará, como mínimo, un interruptor diferencial de las características indicadas en el apartado 2.1 por cada cinco circuitos instalados.

3. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CIRCUITOS, SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES Y DE LAS CAÍDAS DE TENSIÓN

En la Tabla 1 se relacionan los circuitos mínimos previstos con sus características eléctricas.

La sección mínima indicada por circuito está calculada para un numero limitado de puntos de utilización. De aumentarse el número de puntos de utilización, será necesaria la instalación de circuitos adicionales correspondientes.

Cada accesorio o elemento del circuito en cuestión tendrá una corriente asignada, no inferior al valor de la intensidad prevista del receptor o receptores a conectar.

El valor de la intensidad de corriente prevista en cada circuito so calculará de acuerdo con la fórmula:

$$I = n \times I_a \times Fs \times Fu$$

N	nº de tomas o receptores
I_a	Intensidad prevista por toma o receptor
Fs (factor de simultaneidad)	Relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total
Fs (factor de utilización)	Factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor

Los dispositivos automáticos de protección tanto para el valor de la intensidad asignada como para la Intensidad máxima de cortocircuito se corresponderá con la intensidad admisible del circuito y ta de cortocircuito en ese punto respectivamente.

Los conductores serán de cobre y su sección será como mínimo la indicada en la Tabla 1, y además estará condicionada a que la caída de tensión sea como máximo el 3 %. Esta caída de tensión se calculará para una intensidad de funcionamiento del circuito igual a la intensidad nominal del interruptor automático de dicho circuito y para una distancia correspondiente a la del punto de utilización mas alejado del origen de la instalación interior.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límite especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

Tabla 1. Características eléctricas de los circuitos (1)

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor simultaneidad Fs	Factor utilización Fu	Tipo de toma (7)	Interruptor Automático (A)	Máximo nº de puntos de utilización o tomas por circuito	Conductores sección mínima mm² (5)	Tubo o conducto Diámetro mm (3)
C_1 Iluminación	200	0,75	0,5	Punto de luz (9)	10	30	1,5	16
C_2 Tomas de uso general	3450	0,2	0,25	Base 16 A 2P+T	16	20	2,5	20
C_3 Cocina y horno	5400	0,5	0,75	Base 25 A 2p+T	25	2	6	25
C_4 Lavadora, lavavajillas termo eléctrico	3450	0,66	0,75	Base 16 A 2p+T combinadas con Fusibles o interruptores automáticos de 16 A (8)	20	3	4 (6)	20
C_5 Baño, cuarto de cocina	3450	0,4	0,5	Base 16 A 2P+T	16	6	2,5	20
C_6 calefacción	-2	--	--	--	25	--	6	25
C_9 Aire acondicionado	-2	--	--	--	25	--	6	25
C_{10} Secadora	3450	1	0,75	Base 16 A 2P+T	16	1	2,5	20
C_{11}, Automatización	-4	--	--	--	10	--	1,5	16

(1) La tensión considerada es de 230 V entre fase y neutro.
(2) La potencia máxima permisible por circuito será de 5.750 W.
(3) Diámetros externos según. ITC-BT 19
(5) La potencia máxima permisible por circuito será de 2.300 W
Este valor corresponde a una instalación de dos conductores y tierra con aislamiento de PVC bajo tubo empotrado en obra, según tabla 1 de ITC-BT-19. Otras secciones pueden ser requeridas para otros tipos de cable o condiciones de instalación
(6) En este circuito exclusivamente, cada toma individual puede conectarse mediante un conductor de sección 2,5 mm² que parta de una caja de derivación del circuito de 4 mm².
(7) Las bases de toma de corriente de 16 A 2p+T serán fijas del tipo indicado en la figura C2a y las de 25 A 2p+T serán del tipo indicado en la figura ESB 25-SA, ambas de la norma UNE 20315.
(8) Los fusibles o interruptores automáticos no son necesarios si se dispone de circuitos independientes para cada aparato, con interruptor automático de 16 A en cada circuito, el desdoblamiento del circuito con este fin no supondrá el paso a electrificación elevada ni la necesidad de disponer de un diferencial adicional.
(9) El punto de luz incluirá conductor de protección.

4. PUNTOS DE UTILIZACIÓN

En cada estancia se utilizará como mínimo los siguientes puntos de utilización:

Tabla 2.

Estancia	Circuito	Mecanismo	Nº mínimo	Superficie/Longitud
Acceso	C_1	pulsador timbre	1	
Vestíbulo	C_1	Punto de luz Interruptor 10 A	11	-- --
	C_2	Base 16 A 2p+T	1	--
Sala de estar o salón	C_1	Punto de luz Interruptor 10 A	11	hasta 10 m^2 (dos si S> 10 m^2) uno por cada punto de luz
	C_2	Base 16 A 2p+T	3 (1)	una por cada 6 m^2, redondeado al entero superior
	C_8	Toma de calefacción	1	hasta 10 m^2 (dos si S> 10 m^2)
	C_9	Tomas de aire acondicionado	1	hasta 10 m^2 (dos si S> 10 m^2)
Dormitorios	C_1	Punto de luz Interruptor 10 A	11	hasta 10 m^2 (dos si S> 10 m^2) uno por cada punto de luz
	C_2	Base 16 A 2p+T	3 (1)	una por cada 6 m^2, redondeado al entero superior
	C_8	Toma de calefacción	11	--
	C_9	Tomas de aire acondicionado	11	--
Baños	C_1	Punto de luz Interruptor 10 A	11	--
	C_5	Base 16 A 2p+T	1	--
	C_8	Toma de calefacción	1	--
Pasillos o distribuciones	C_1	Punto de luz Interruptor 10 A	11	uno por cada 5 m de longitud uno en cada acceso
	C_2	Base 16 A 2p+T	1	hasta 5 m (dos si L > 5 m)
	C_8	Toma de calefacción	1	--
Cocina	C_1	Punto de luz Interruptor 10 A	11	hasta 10 m^2 (dos si S> 10 m^2) uno por cada punto de luz
	C_2	Base 16 A 2p+T	2	Extractor y frigorífico
	C_3	Base 25 A 2p+T	1	Cocina/horno
	C_4	Base 16 A 2p+T	3	lavadora, lavavajillas y termo
	C_5	Base 16 A 2p+T	3 (2)	encima del plano de trabajo
	C_8	Toma de calefacción	1	--
	C_{10}	Base 16 A 2p+T	1	Secadora
Terraza y vestidores	C_1	Punto de luz Interruptor 10 A	11	hasta 10 m^2 (dos si S> 10 m^2) uno por cada punto de luz
Garajes unifamiliares y otros	C_1	Punto de luz Interruptor 10 A	11	hasta 10 m^2 (dos si S> 10 m^2) uno por cada punto de luz
	C_2	Base 16 A 2p+T	1	hasta 10 m^2 (dos si S> 10 m^2)

(1) En donde se prevea la instalación de una toma para el receptor de TV, la base correspondiente deberá ser múltiple, y en este caso se considerará como una sola base a los efectos del numero de puntos de utilización de la tabla 1.

(2) Se colocarán fuera de un volumen delimitado por los planos verticales situados a 0.5 m del fregadero y de la encimera de cocción o cocina

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS PRESCRIPCIONES GENERALES DE INSTALACIÓN

ITC-BT-26

ÍNDICE

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

2. TENSIONES DE UTILIZACIÓN y ESQUEMA DE CONEXIÓN

3. TOMAS DE TIERRA
- 3.1 Instalación
- 3.2 Elementos a conectar a tierra
- 3.3 Puntos de puesta a tierra
- 3.4 Líneas principales de tierra. Derivaciones
- 3.5 Conductores de protección

4. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

5. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

6. CONDUCTORES
- 6.1 Naturaleza y Secciones
- 6.1.1 Conductores activos
- 6.1.2 Conductores de protección
- 6.2 Identificación de los conductores
- 6.3 Conexiones

7. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES
- 7.1 Sistema de instalación
- 7.2 Condiciones generales

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las prescripciones objeto de esta instrucción son complementarias de las expuestas en la ITC-BT-19 y aplicables a las instalaciones interiores de las viviendas, así como en la medida que pueda afectarles, a las de locales comerciales, de oficinas ya las de cualquier otro local destinado a fines análogos.

2. TENSIONES DE UTILIZACIÓN Y ESQUEMA DE CONEXIÓN

Las instalaciones de las viviendas se consideran que están alimentadas por una red de distribución pública de baja tensión según el esquema de distribución "TT" (ITC-BT-08) y a una tensión de 230 V en alimentación monofásica y 230 V/400 V en alimentación trifásica.

3. TOMAS DE TIERRA

3.1 Instalación

En toda nueva edificación se establecerá una toma de tierra de protección, según el siguiente sistema:

Instalando en el fondo de las zanjas de cimentación de los edificios, y antes de empezar ésta, un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima según se indica en la ITC-BT-18, formando un anillo cerrado que interese a todo el perímetro del edificio. A este anillo deberán conectarse electrodos verticalmente hincados en el terreno cuando, se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de tierra que pueda presentar el conductor en anillo. Cuando se trate de construcciones que comprendan varios edificios próximos, se procurará unir entre sí los anillos que forman la toma de tierra de cada uno de ellos, con objeto de formar una malla de la mayor extensión posible.

En rehabilitación o reforma de edificios existentes, la toma de tierra se podrá realizar también situando en patios de luces o en jardines particulares del edificio, uno o varios electrodos de características adecuadas.

Al conductor en anillo, o bien a los electrodos, se conectarán, en su caso, la ruptura metálica del edificio o, cuando la cimentación del mismo se haga con zapatas de hormigón armado, un cierto número de hierros de los considerados principales y como mínimo uno por zapata.

Estas conexiones se establecerán de manera fiable y segura, mediante soldadura aluminotérmica o autógena.

Las líneas de enlace con tierra se establecerán de acuerdo con la situación y número previsto de puntos de puesta a tierra. La naturaleza y sección de estos conductores estará de acuerdo con lo indicado para ellos en la Instrucción ITC-BT-18

3.2 Elementos a conectar a tierra

A la toma de tierra establecida se conectará toda masa metálica importante, existente en la zona de la instalación, y las masas metálicas accesibles de los aparatos receptores, cuando su clase de aislamiento o condiciones de instalación así lo exijan.

A esta misma toma de tierra deberán conectarse las partes metálicas de los depósitos de gasóleo, de las instalaciones de calefacción general, de las instalaciones de agua, de las instalaciones de gas canalizado y de las antenas de radio y televisión.

3.3 Puntos de puesta a tierra

Los puntos de puesta a tierra se situarán:

- En los patios de luces destinados a cocinas y cuartos de aseo, etc., en rehabilitación o reforma de edificios existentes.
- En el local o lugar de la centralización de contadores, si la hubiere.
- En la base de las estructuras metálicas de los ascensores y montacargas, si los hubiere.
- En el punto de ubicación de la caja general de protección.
- En cualquier local donde se prevea la instalación de elementos destinados a servicios generales o especiales, y que por su clase de aislamiento o condiciones de instalación, deban ponerse a tierra.

3.4 Líneas principales de tierra. Derivaciones

Las líneas principales y sus derivaciones se establecerán en las mismas canalizaciones que las de las líneas generales de alimentación y derivaciones individuales.

Únicamente es admitida la entrada directa de las derivaciones de la línea principal de tierra en cocinas y cuartos de aseo, cuando, por la fecha de construcción del edificio, no se hubiese previsto la instalación de conductores de protección. En este caso, las masas de los aparatos receptores, cuando sus condiciones de instalación lo exijan, podrán ser conectadas a la derivación de la línea principal de tierra directamente, o bien a través de tomas de corriente que dispongan de contacto de puesta a tierra. Al punto o puntos de puesta a tierra indicados como a) en el apartado 3.3, se conectarán las líneas principales de tierra. Estas líneas podrán instalarse por los patios de luces o por canalizaciones interiores, con el fin de establecer a la altura de cada planta del edificio su derivación hasta el borne de conexión de los conductores de protección de cada local o vivienda.

Las líneas principales de tierra estarán constituidas por conductores de cobre de igual sección que la fijada para los conductores de protección en la Instrucción ITC-BT-19, con un mínimo de 16 milímetros cuadrados. Pueden estar formadas por barras planas o redondas, por conductores desnudos o aislados, debiendo disponerse una protección mecánica en la parte en que estos conductores sean accesibles, así como en los pasos de techos, paredes, etc.

La sección de los conductores que constituyen las derivaciones de la línea principal de tierra, será la señalada en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

No podrán utilizarse como conductores de tierra las tuberías dé agua, gas, calefacción, desagües, conductos de evacuación de humos o basuras, ni las cubiertas metálicas de los cables, tanto de la instalación eléctrica como de teléfonos o de cualquier otro servicio similar, ni las partes conductoras de los sistemas de conducción de los cables, tubos, canales y bandejas.

Las conexiones en los conductores de tierra serán realizadas mediante dispositivos, con tornillos de apriete u otros similares, que garanticen una continua y perfecta conexión entre aquéllos.

3.5 Conductores de protección

Se instalarán conductores de protección acompañando a los conductores activos en todos los circuitos de la vivienda hasta los puntos de utilización.

– PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

La protección contra contactos indirectos se realizará mediante la puesta a tierra de las masas y empleo de los dispositivos descritos en el apartado 2.1 de la ITC-BT-25.

5. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

El cuadro general de distribución estará de acuerdo con lo indicado en la ITC-BT-17. En este mismo cuadro se dispondrán los bornes o pletinas para la conexión de los conductores de protección de la instalación interior con la derivación de la línea principal de tierra.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático, que de acuerdo con lo señalado en las instrucciones **ITC-BT-10 e ITC-BT-25**, corresponda a la vivienda.

6. CONDUCTORES

6.1 Naturaleza y Secciones

6.1.1 Conductores activos

Los conductores activos serán de cobre, aislados y con una tensión asignada de 450/750 V, como mínimo.

Los circuitos y las secciones utilizadas serán, los indicados en la ITC-BT-25

6.1.2 Conductores de protección

Los conductores de protección serán de cobre y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se instalarán por la misma canalización que éstos y su sección será la indicada en la Instrucción ITC-BT-19.

6.2 Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificados, especialmente por lo que respecta a los conductores neutro y de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el doble color amarillo-verde. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro. Cuando se considere necesario Identificar tres fases diferentes, podrá utilizarse el color gris.

6.3 Conexiones

Se realizarán conforme a lo establecido en el apartado 2 11 de la ITC-BT-19

Se admitirá no obstante, las conexiones en paralelo entre bases de toma de corriente cuando éstas estén juntas y dispongan de bornes de conexión previstos para la conexión de varios conductores.

7. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

7.1 Sistema de instalación

Las instalaciones se realizarán mediante algunos de los siguientes sistemas:

Instalaciones empotradas:

- Cables aislados bajo tubo flexible
- Cables aislados bajo tubo curvable

Instalaciones superficiales:

- Cables aislados bajo tubo curvable
- Cables aislados bajo tubo rígido
- Cables aislados bajo canal protectora cerrada
- Canalizaciones prefabricadas

Las instalaciones deberán cumplir lo indicado en las ITC-BT-20 e ITC-BT-21

7.2 Condiciones generales

En la ejecución de las instalaciones interiores de las viviendas se deberá tener en cuenta:

- No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.
- Todo conductor debe poder seccionarse en cualquier punto de la instalación en el que se realice una derivación del mismo, utilizando un dispositivo apropiado, tal como un borne de conexión, de forma que permita la separación completa de cada parte del circuito del resto de la instalación.
- Las tomas de corriente en una misma habitación deben estar contadas a la misma fase.
- Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en cocinas, cuartos de baño, secaderos y, en general, en los locales húmedos o mojados, así como en aquellos en que las paredes y suelos sean conductores, serán de material aislante.
- La instalación empotrada de estos aparatos se realizará utilizando cajas especiales para su empotramiento. Cuando estas cajas sean metálicas estarán aisladas interiormente o puestas a tierra.
- La instalación de estos aparatos en marcos metálicos podrá realizarse siempre que los aparatos utilizados estén concebidos de forma que no permitan la posible puesta bajo tensión del marco metálico, conectándose éste al sistema de tierras.
- La utilización de estos aparatos empotrados en bastidores o tabiques de madera u otro material aislante, cumplirá lo indicado en la ITC-BT-49

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS LOCALES QUE CONTIENEN UNA BAÑERA O DUCHA

ITC-BT-27

ÍNDICE

1. CAMPO DE APLICACIÓN

2. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES
- 2.1 clasificación de los volúmenes
- 2.1.1 Volumen 0
- 2.1.2 Volumen 1
- 2.1.3 Volumen 2
- 2.1.4 Volumen 3
- 2.2 Protección para garantizar la seguridad
- 2.3 Elección e instalación de los materiales eléctricos

3. REQUISITOS PARTICULARES PARA LA INSTALACIÓN DE BAÑERAS DE HIDROMASAJE, CABINAS DE DUCHA CON CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y APARATOS ANÁLOGOS

4. FIGURAS DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS VOLÚMENES

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones objeto de esta Instrucción son aplicables a las instalaciones interiores de viviendas, así como en la medida que pueda afectarles, a las de locales comerciales, de oficinas y a las de cualquier otro local destinado a fines análogos que contengan una bañera o una ducha o una ducha prefabricada o una bañera de hidromasaje o aparato para uso análogo.

Para lugares que contengan baños o duchas para tratamiento medico o para minusválidos, pueden ser necesarios requisitos adicionales.

Para duchas de emergencia en zonas industriales, son de aplicación las reglas generales.

2. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

2.1 Clasificación de los volúmenes

Para las instalaciones de estos locales se tendrán en cuenta los cuatro volúmenes 0, 1, 2 y 3 que se definen a continuación. En el apartado 5 de la presente instrucción se presentan figuras aclaratorias para la clasificación de los volúmenes, teniendo en cuenta la influencia de las paredes y del tipo de baño o ducha. Los falsos techos y las mamparas no se consideran barreras a los efectos de la separación de volúmenes.

2.1.1 Volumen 0

Comprende el interior de la bañera o ducha.

En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal situado a 0,05 m por encima del suelo. En este caso:

- Si el difusor de la ducha puede desplazarse durante su uso, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1 m alrededor de la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha; o
- Si el difusor de la ducha es fijo, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 0,6 m alrededor del difusor.

2.1.2 Volumen 1

Está limitado por:

- El plano horizontal superior al volumen 0 y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo, y
- El plano vertical alrededor de la bañera o ducha y que incluye el espacio por debajo de los mismos, cuanto este espacio es accesible sin el uso de una herramienta; o
  - Para una ducha sin plato con un difusor que puede desplazarse durante su uso, el volumen 1 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m desde la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha; o
  - Para una ducha sin plato y con un rociador filo, el volumen 1 está delimitado por la superficie generatriz vertical situada a un radio de 0,6 m alrededor del rociador.

2.1.3 Volumen 2

Está limitado por:

- El plano vertical exterior al volumen 1 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y
- El suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo

Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 1 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 2.

2.1.4 Volumen 3

Está limitado por:

- El plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 m; y
- El suelo y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo

Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 2 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 3.

El volumen 3 comprende cualquier espacio por debajo de la bañera o ducha que sea accesible sólo mediante el uso de una herramienta siempre que el cierre de dicho volumen garantice una protección como mínimo IP X4. Esta clasificación no es aplicable al espacio situado por debajo de las bañeras de hidromasaje y cabinas.

2.2 Protección para garantizar la seguridad

Cuando se utiliza MBTS, cualquiera que sea su tensión asignada, la protección contra contactos directos debe estar proporcionada por:

- barreras o envolventes con un grado de protección mínimo IP2X o IPXXB, según UNE 20.324 o
- aislamiento capaz de soportar una tensión de ensayo de 500 V en valor eficaz en alterna durante 1 minuto.

Una conexión equipotencial local suplementaria debe unir el conductor de protección asociado con las partes conductoras accesibles de los equipos de clase 1 en los volúmenes 1, 2 y 3, incluidas las tomas de corriente y las siguientes partes conductoras externas de los volúmenes 0,1, 2 y 3:

- Canalizaciones metálicas de los servicios de suministro y desagües (por ejemplo agua, gas);
- Canalizaciones metálicas de calefacciones centralizadas y sistemas de aire acondicionado;
- Partes metálicas accesibles de la estructura del edificio. Los marcos metálicos de puertas, ventanas y similares no se consideran partes externas accesibles, a no ser que estén conectadas a la estructura metálica del edificio.
- Otras partes conductoras externas, por ejemplo partes que son susceptibles de transferir tensiones.

Estos requisitos no se aplican al volumen 3, en recintos en los que haya una cabina de ducha prefabricada con sus propios sistemas de drenaje, distintos de un cuarto de baño, por ejemplo un dormitorio.

Las bañeras y duchas metálicas deben considerarse partes conductoras externas susceptibles de transferir tensiones, a menos que se instalen de forma que queden aisladas de la estructura y de otras partes metálicas del edificio. Las bañeras y duchas metálicas pueden considerarse aisladas del edificio, si la resistencia de aislamiento entre el área de los baños y duchas y la estructura del edificio, medido de acuerdo con la norma UNE 20.460 -6-61, anexo A, es de cómo mínimo 100 kΩ.

2.3 Elección e Instalación de los materiales eléctricos

Tabla 1.

	Grado de protección	Cableado	Mecanismos (2)	Otros aparatos fijos (3)
Volumen 0	IPX7	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en este volumen	No permitida	Aparatos que únicamente pueden ser instalados en el volumen 0 y deben ser adecuados a las condiciones de este volumen
Volumen 1	IPX4 IPX2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en equipo eléctrico de bañeras de hidromasaje y en los baños comunes en los que se puedan producir Chorros de agua durante la limpieza de los mismos. (1)	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos los situados en los volúmenes 0 y 1	No permitida, con la excepción de interruptores de circuitos MBTS alimentados a una tensión nominal de 12 V de valor eficaz en alterna o de 30 V en Continua, estando la fuente de alimentación instalada fuera de tos volúmenes 0, 1 y 2.	Aparatos alimentados a MBTS no superior a 12 V ca o 30 V cc Calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan Con su norma aplicable, Si Su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de Corriente diferencial de valor no Superior a tos 30 mA, Según la norma UNE 20.460-4-41.
Volumen 2	IPX4 IP X2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos (1)	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos focos Situados en los volúmenes 0, 1 y 2, y la parte del volumen 3 situado por debajo de la bañera o ducha	No permitida, con la excepción de interruptores o bases de circuitos MBTS cuya fuente de alimentación este instalada fuera de los volúmenes 0,1 y 2. Se permiten también la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE-EN 60.742 o UNE-EN 61558-2-5	Todos los permitidos para el volumen 1. Luminarias, ventiladores, Calefactores, y unidades móviles para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, Si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de Corriente diferencial de valor no Superior a los 30 mA, según la norma UNE 20.460 -4-41.
Volumen 3	IPX5, en los baños Comunes, cuando se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos.	Limitado al necesario para alimentar los aparatos Eléctricos fijos situados en los volúmenes 0, 1, 2 y 3.	Se permiten las bases sólo si están protegidas bien por un transformador de aislamiento, o por MBTS, o por un interruptor automático de a alimentación con un dispositivo de protección por corriente diferencial valor no superior a los 30 mA, todos ellos según tos requisitos de la norma UNE 20.460 -4-41.	Se permiten los aparatos sólo si están protegidos bien por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un dispositivo de protección de Corriente diferencial de valor no Superior a los 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20.460-4-41.

(1). Los baños comunes comprenden los baños que se encuentran en escuelas, fábricas, centros deportivos, etc. e incluyen todos los utilizados por el público en general

(2). Los cordones aislantes de interruptores de tirador están permitidos en los volúmenes 1 y 2, siempre que Cumplan con los requisitos de la norma UNE-EN 60.669 -1.

(3). Los calefactores bajo suelo pueden Instalarse bajo cualquier volumen siempre y cuando debajo de estos volúmenes estén cubiertos por una malla metálica puesta a tierra o por una cubierta metálica conectada a una conexión equipotencial local suplementaria según el apartado 2.2.

3. REQUISITOS PARTICULARES PARA LA INSTALACIÓN DE BAÑERAS DE HIDROMASAJE, CABINAS DE DUCHA CON CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y APARATOS ANÁLOGOS

El hecho de que en estos aparatos, en los espacios comprendidos entre la bañera y el suelo y las paredes y el techo de las cabinas y las paredes y techos del local donde se instalan, coexista equipo eléctrico tanto de baja tensión como de Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) con tuberías o depósitos de agua u otros líquidos, hace necesario que se requieran condiciones especiales de instalación.

En general todo equipo eléctrico, electrónico, telefónico o de telecomunicación incorporado en la cabina o bañera, incluyendo los alimentados a MBTS, deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 60.335 -2-60.

La conexión de las bañeras y cabinas se efectuará con cable con cubierta de características no menores que el de designación H05VV-F o mediante cable bajo tubo aislante con conductores aislados de tensión asignada 450/750 V. Debe garantizarse que; una vez instalado el cable o tubo en la caja de conexiones de la bañera o cabina, el grado de protección mínimo que se obtiene sea IPX5.

Todas las cajas de conexión localizadas en paredes y suelo del local bajo la bañera o plato de ducha, o en las paredes o techos del local, situadas detrás de paredes o techos de una cabina por donde discurren tubos o depósitos de agua, vapor u otros líquidos, deben garantizar, junto con su unión a los cables o tubos de la instalación eléctrica, un grado de protección mínimo IPX5. Para su apertura será necesario el uso de una herramienta.

No se admiten empalmes en los cables y canalizaciones que discurran por lo volúmenes determinados por dichas superficies salvo si estos se realizan con cajas que cumplan, el requisito anterior.

4. FIGURAS DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS VOLÚMENES

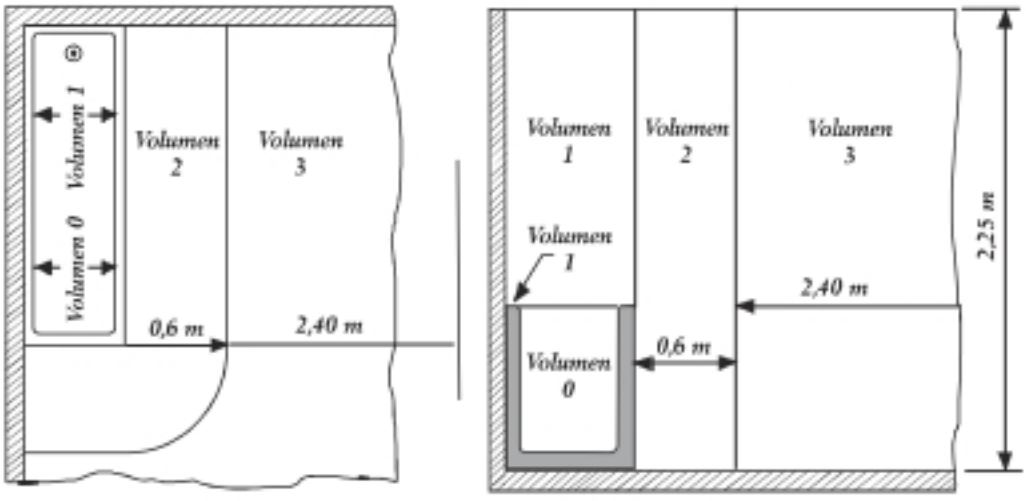


Figura 1 - BAÑERA

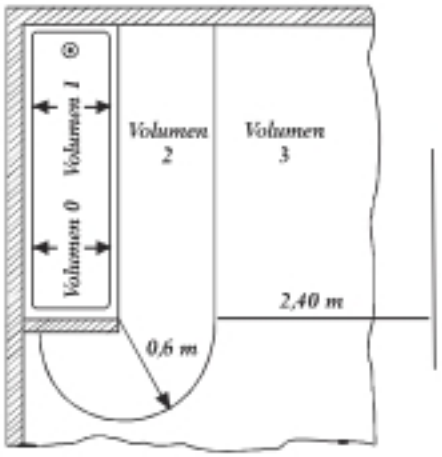


Figura 2 - BAÑERA CON PARED FIJA

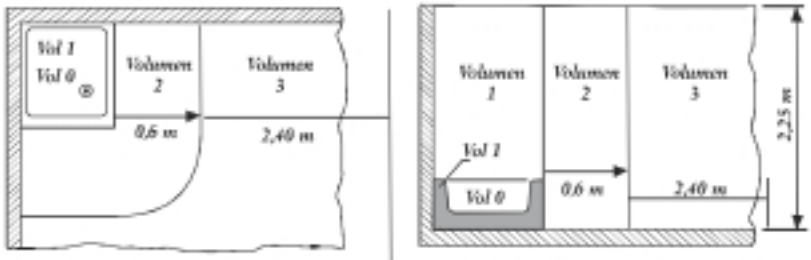


Figura 3 - DUCHA

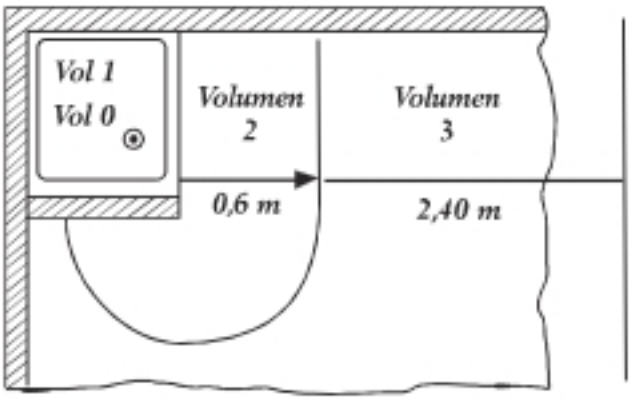


Figura 4 - DUCHA CON PARED FIJA

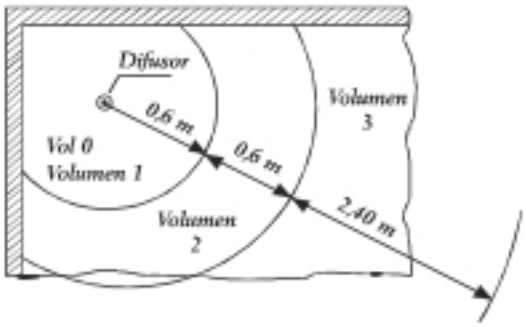


Figura 5 - DUCHA SIN PLATO

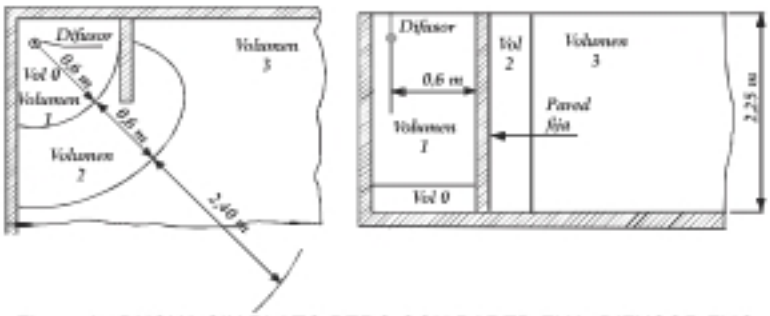


Figura 6 - DUCHA SIN PLATO PERO CON PARED FIJA. DIFUSOR FIJO

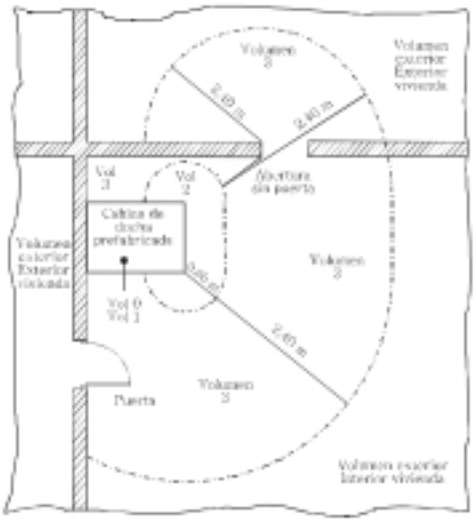


Figura 7 - CABINA DE DUCHA PREFABRICADA

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso Virtual

Electricidad industrial

Módulo 1
Equipos e instalaciones de distribución
y suministros de energía en Baja Tensión

Tema 9

Instalación de líneas y aparallaje eléctrico para suministro de energía a máquinas y equipos

Tema 9

Instalación de líneas y aparallaje eléctrico para suministro de la energía

ÍNDICE

1. Suministro de energía en baja tensión 1
2. Cuadro general 2
3. Aparallaje eléctrico 3
4. Accesorios 6
5. Cálculo de sección 8
6. Ejemplo de cálculo de una línea monofásica 11
7. Densidad de corriente 16
8. Fórmula para calcular la sección 19
9. Cálculos de líneas con factor de potencia 25
10. Diferencias entre cálculo de línea monofásica y trifásica 25
11. Ejemplo de cálculo de línea trifásica 29
12. Cálculo del tubo protector 32

ITC BT 28 34

Tema 9

Instalación de líneas y aparallaje eléctrico para suministro de la energía

1. SUMINISTRO DE ENERGÍA EN BAJA TENSIÓN

A efectos del Reglamento de Baja Tensión **REBT** los suministros se clasifican en **Normales** y **complementarios.** (Artículo 10)

Suministro normal, son los efectuados a cada abonado, por una sola empresa y por la totalidad de la potencia contratada con un solo punto de entrega de la energía.

Suministros complementarios, son los que afectos de seguridad y continuidad del servicio, complementan a un suministro normal. Este suministro podrá realizarse por dos empresas distintas, o por una sola empresa, o por el propio usuario mediante medios de producción propios.

El **suministro complementario** puede ser:

- **Suministro de socorro:** equivalente a un **15 por 100** del total del suministro normal
- **Suministro de reserva:** Para el funcionamiento de los elementos indispensables de la instalación, desde un **25 por 100** del suministro normal.
- **Suministro duplicado:** Es el que es capaz de mantener un servicio mayor del **50 por 100** del suministro normal contratado.

En la Instrucción técnica complementaria **ITC-BT 28**, se especifica como debe de ser la alimentación de los servicios de seguridad en las instalaciones de pública concurrencia

2. CUADRO GENERAL

Descrito en el **tema 8 para viviendas y locales**, convine describir ahora aquellos **cuadros generales que se utilizan en instalaciones industriales** y para consumos elevados, con empleo de muchos mecanismos.

El cuadro general puede estar montado en un armario o caja. Estos armarios pueden ser:

- Metálicos o de plástico
- Con puerta opaca o puerta transparente
- Con mandos en la puerta, y aparatos de medida, o simplemente con luces de aviso
- De una sola pieza o desmontable
- Con doble fondo, o fondo ajustable, o solo una placa de fondo

Figura 1 ARMARIO DE PVC PARA PARED CON PUERTA TRANSPARENTE PLACAS DE FONDO

Figura 2 ARMARIO METÁLICO DE SUELO DESMONTABLE EN PIEZAS

Sobre el armazón del cuadro se monta en primer lugar los soportes de los conductores, en muchos casos se prefiere utilizar como conductores **pletinas de cobre**, que permiten ser taladradas a cualquier altura conveniente para la conexión de los interruptores de potencia. Los conductores en forma de cable redondo tienen el inconveniente del espacio que ocupan las curvas, y la dificultad de tener que emplear piezas especiales para hacer las derivaciones. Las pletinas requieren menos espacios, pero tienen el inconveniente de que no van aisladas. Se colocan sobre soportes adecuados y con piezas intermedias que mantengan la separación entre fases.

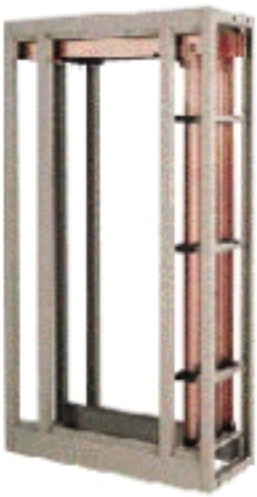


Figura 3 ARMAZÓN DE ARMARIO CON BARRAS DE COBRE

3. APARALLAJE ELÉCTRICO

Todos los accesorios que se colocan en un armario de distribución reciben el nombre genérico de **aparamenta** y los interruptores, fusibles y todos los componentes de mando **aparallaje** .

El significado de la palabra aparallaje y la ortografía correcta no viene recogido en el diccionario de la lengua española, por lo que unos escriben **aparallaje**, derivado de aparatos, o aparadura (forro del buque próximo a la quilla). Otros escriben **aparellaje**, derivado de aparejos (conjunto de cosas). Se escriba con **a** o con **e** se debe de entender como **todos los componentes que se utilizan en un cuadro**. a sean componentes eléctricos como soportes mecánicos, destinados a afianzar la instalación de todos los elementos como: interruptores, aparatos de medida, fusibles, mecanismos, etc.

Al instalar el **aparallaje** se tendrá en cuenta por donde han de hacerse las conexiones de los bornes, que puede ser:

- Al frente, con o sin tapadera
- Por detrás, con o sin tapadera

Por la forma de motar el **aparallaje** en el armario los interruptores se divide en:

- Aparatos de superficie (muy raramente)
- Aparatos tras cuadro (los más usados)
- Aparatos sobre riel (generalmente quedan ocultos, otras veces se practican ventanas para actuar manualmente sobre ellos)

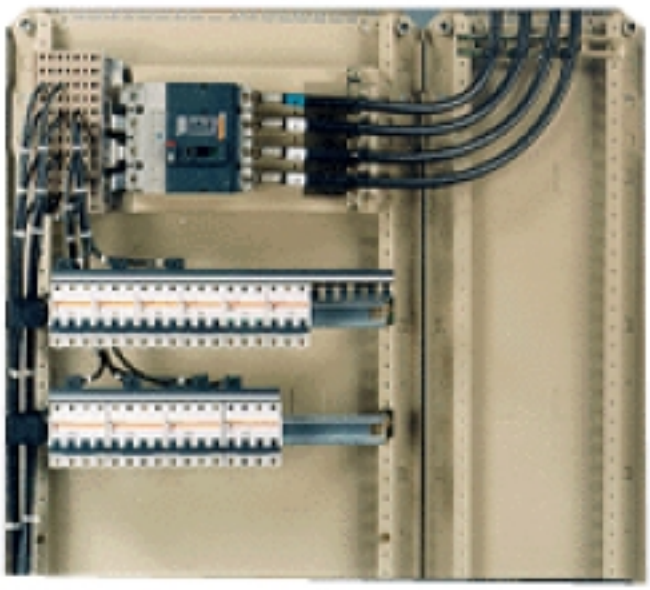


Figura 4 MONTA E DEL INTERRUPTOR GENERAL, SOBRE RIEL, DE LOS PIAS DE DERIVACIONES

En la figura 5 un interruptor de potencia tras cuadro, se llama así porque ha sido construido, para colocarlo detrás de la placa que cubre el armario, en esa placa se abrirá una ventana justa a la medida del cuadro que se ve en la figura resaltado, la chapa que se suele utilizar es de 0,4 mm de espesor a 0,8 mm, dependiendo de la superficie a más superficie mayor grosor para evitar las vibraciones. Nótese como abajo a la izquierda hay un tornillo regulador, este tornillo quedará oculto con la chapa para que nadie lo modifique, para hacerlo, se tendrá que retirar la chapa, que unas veces es fija y hay que utilizar herramientas y otras veces la chapa es de puerta, pero que también es necesaria una herramienta o una llave para abrir el cuadro.

Figura 5 MAGNETOTÉRMICO TRAS CUADRO

Un tipo de aparamenta muy utilizada es aquella en que solo es necesario dar un taladro sobre la chapa para colocar la manija del interruptor, si tener que hacer ventanas. El interruptor se coloca en el fondo del armario y la manija de mando sobre la puerta del armario, cuando la puerta se abre se separan el mando del interruptor, ya que no está mas que metido en su alojamiento sin fijar por tornillo. En la figura 6 un interruptor con dos opciones para la colocación del mando, lateral y frontal.

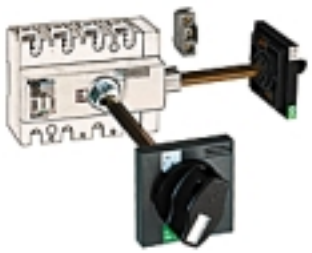


Figura 6 INTERRUPTOR TETRAPOLAR TRAS CUADRO

En el cuadro general de una gran instalación, se ha de prever canaletas para los conductores de las líneas que salen de cuadro, en la figura 7, se observa como se ha aprovechado el espacio para que el cuadro tenga las menores dimensiones posibles.

Figura 7 MONTA E SOBRE RIELES CANALETAS PARA SALIDAS DE LÍNEAS

4. ACCESORIOS

Existen múltiples accesorios para cuadros desde gancho, a bornes para tierra, pasando por toda clase de útiles como bornes y sistemas para marcar el cableado, o paneles en forma de parrilla, que permiten colocar los elementos sin necesidad de hacer taladros.

Figura 8 GANCHO PARA EL TRASPORTE

Los soportes para las barras pueden ser de cerámica, plásticos o elementos compuestos

Figura 9 BORNES SOPORTES PARA BARRAS

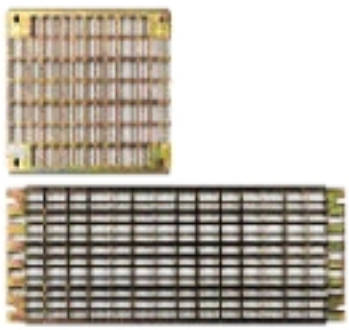


Figura 10 PARRILLA INTERMEDIA PARA ARMARIOS

Figura 11 BARRAS EN FORMA DE PEINE PARA CONEXIONES DE ENTRADA DE MAGNETOTÉRMICOS MODULARES

Figura 12 TERMINALES A PRESIÓN SIN AISLAR

La concentración de todos los mandos en cuadros de mandos da resultados muy estéticos y dan prestigio al instalador, aunque lo primero que hay que buscar es la seguridad del sistema, por lo que habrá de tenerse en cuenta la ventilación y elegir bien la ubicación para que en caso de incendio, no sea un obstáculo para las salidas de las personas.

Figura 13 VISTA DE ARMARIO DOBLE A TERMINADO

5. CÁLCULO DE SECCIONES

Calcular la sección de un conductor consiste en **hallar la medida comercial adecuada para una instalación** determinada.

Cada instalación responde a unas características propias que no siempre se repiten en otras similares. Por tanto: cada caso, se convierte en una instalación única.

Para el cálculo, no sólo se ha de tener en consideración el consumo y los metros de la línea, sino que; además, se ha de tener presente, el tipo de local donde se producen los consumos.

En el tema 8, se ha visto como los metros cuadrados de una vivienda son determinantes para definir el número de bases de enchufe y de lámparas que ha de tener una habitación determinada. Cuando se consultan las tablas, en cambio, es la forma en que se colocan los conductores solos o con más conductores la que limita las secciones. Otra circunstancia a tener en consideración es, el tipo de local; para el que se establecen distintas clases de aislamientos de los conductores. Así pues, en el cálculo, intervienen más de una condición, **siendo el tipo de local una de las condiciones que más influyen en la sección mínima que a de tener los conductores.**

Otra cuestión, muy importante son **las distancias**; hay dos tipos de distancias; las que existen entre la acometida hasta el punto donde esté situado el cuadro general de protección, y las que haya desde este cuadro a los receptores que forman el conjunto de la instalación. Cuanto más distancia, más caída de tensión habrá en la línea para una misma sección. Para compensar estas pérdidas habrá que colocar conductores más gruesos, que disminuyan las pérdidas en el conductor.

La fórmula 17, que se dio en el tema 1, es la que relaciona la sección del conductor con la longitud y su resistencia, que decía:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{s} \quad \Omega$$

en la que

ρ es el coeficiente de resistividad
(para una vivienda sólo puede ser **0'018** que es la corresponde conductor de **cobre**)

L es la distancia en metros de la línea
(que no siempre será la distancia más corta posible, puesto que el reglamento nos dice que las líneas han de formar rectas perpendiculares y no formando oblicuas, con radios adecuados en los cambios de dirección, etc.)

Así pues, el único factor que hay en la fórmula para hacer que la resistencia sea mayor o menor es la sección **s** en milímetros cuadrados.

La sección entonces dependerá de la resistencia eléctrica que ofrezca el conductor al paso de la corriente. Despejando en la fórmula 17, el valor de la sección será:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{s} \quad en\ mm^2$$

(17)

Para no confundir **la resistencia de la línea** con **la resistencia de los receptores**, colocados al final de la línea, conviene poner la **R de la línea con letra minúscula**

$$s = \frac{\rho \cdot L}{r}$$

(28)

Así pues, para determinar la sección, previamente hay que calcular la resistencia eléctrica **r** que ofrece el conductor al paso de la corriente.

La resistencia **r** de la línea se predetermina por la **caída de la tensión** en la línea (convine usar la letra **u**, para no confundirlo con el voltaje **V** de la red).

el valor de **r** será (fórmula 1)

$$r = \frac{u}{I}$$

En esta fórmula aparecen dos valores desconocidos, la **caída de tensión en voltios** de la línea y la **intensidad de corriente** que circulará por el conductor.

Siendo, en esta fórmula, la **resistencia** el único dato determinante, deberá de conocerse este valor con mucha precisión **-tres decimales normalmente-**

El valor **u**, es la pérdida en voltios que se produce en la línea, que viene determinada en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en tantos por cientos.

En la **ITC-BT 14** e **ITC-BT 19** se dan las siguientes caídas de tensiones:

- Para contadores centralizados **u 0'5**
- Con contadores individuales **u 1**
- En el interior de las viviendas **u 3**
- Para líneas de alumbrado será **u 3**
- En usos distintos del alumbrado **u 5**

Calcular el tanto por ciento del voltaje en el origen, se puede obtener por la fórmula

$$u = \frac{V \cdot \%}{100}$$

(29)

Una vez sabido cuantos voltios se puede perder en la línea, se utiliza la fórmula anterior y se divide entre el total de la cantidad de corriente que tiene que soportar el conductor. De esta forma se sabe la resistencia que debe de tener la línea

La **intensidad de corriente**, a su vez, estará en **función de la potencia** de los receptores y **la tensión de trabajo** de los mismos, que se deduce con la fórmula 8

$$I = \frac{P}{V}$$

En la que **P** es la **suma de las potencias de todos los receptores** de que se alimentan de esta línea **a la tensión V**

Para calcular la sección de un conductor se necesita conocer:

Las **clases de receptores** a utilizar (para averiguar las pérdidas en tantos por cientos)
Los consumos de los receptores
El voltaje de utilización
La longitud de la línea
Características del local (para la forma de hacer el montaje)

6. EJEMPLO DE CÁLCULO DE UNA LÍNEA MONOFÁSICA

Conocidas las fórmulas que se han de aplicar al cálculo de una línea, lo mejor es aplicar estas a un caso concreto, con este cálculo se halla la sección mínima, que ha de tener esa línea que va de soportar un consumo determinado con unas pérdidas máximas previstas.

PRIMER PASO: TOMA DE DATOS

Suponiendo que se trata de calcular la **línea general de acometida** para un almacén con una pequeña oficina. Como por ejemplo el de la figura 14.

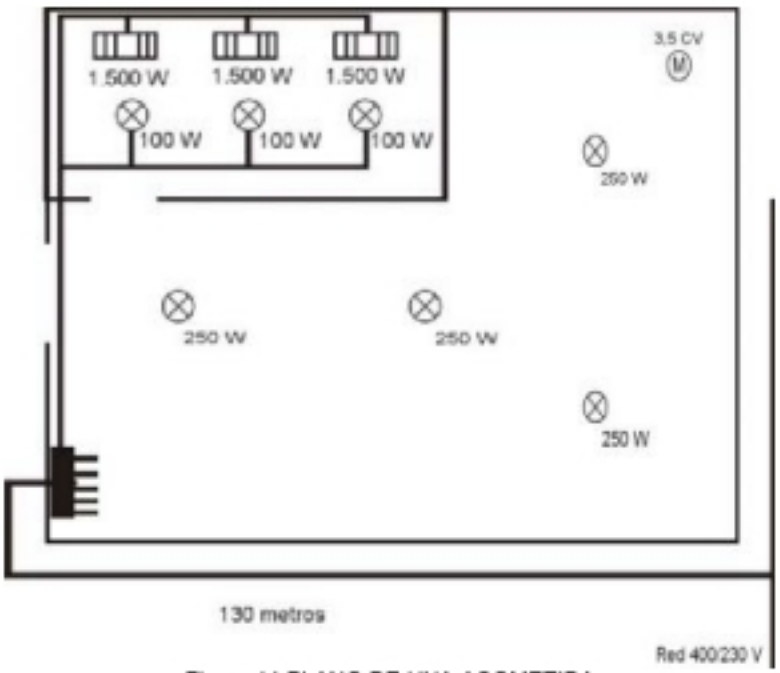


Figura 14 PLANO DE UNA ACOMETIDA

1 **Medir las distancias en metros** normalmente se hace sobre el terreno, otras veces sobre plano, previo reconocimiento del lugar; para verificar que clases de obstáculos existen y resolver con arreglo a lo establecido en el reglamento.

Suponiendo que, desde el punto de toma de corriente, al de utilización hay **130 metros**.

2 El **voltaje de funcionamiento** depende del receptor. En el caso de que el voltaje de las líneas de distribución que la compañía suministradora tenga en el lugar, no se adapte a los aparatos habrá que prever el uso de transformadores.

Verificado este punto se encuentra que: la tensión es de **230 Voltios**, con sólo **dos conductores**

3 Conocer *las potencias* de todos *los receptores*, tomando el dato directamente de las *chapas de características* y no calcularlo nunca por el volumen que pueda tener el aparato.

En este caso el consumo es la suma de:

- **Una** grúa con **motor de 3´5 C.V.** de fuerza motriz
- **cuatro lámparas** incandescentes de **250 W** cada una
- **tres lámparas** incandescentes de **100 W** cada una
- **Tres estufas** eléctricas de **1.500 W** cada una.
- La longitud de la línea es de **130 metros**

4 Hay que anotar también si los receptores son de alumbrado o de otro uso.

SEGUNDO PASO: CÁLCULOS DE CONSUMOS

Con todo estos datos se averiguan las intensidades, separando lo que es alumbrado de los otros usos distintos del alumbrado. Usar la fórmula 8

$$I = \frac{P}{V}$$

CARGA EN LA LÍNEA

1) En primer lugar interesa conocer la **Intensidad de corriente** que va a soportar el conductor

Potencia del motor	P 736 . C.V.	736 x 3´5	2.576	
Potencia en calefacción	P n .	3 x 1500	4.500	
	Suma consumo distinto alumbrado			7.076
Potencia en alumbrado	P n .	4 x 250	1.000	
	P n .	3 x 100	300	
	Suma consumo en alumbrado			1.300
Suma consumo total (Alumbrado otros usos)				8.376

La corriente máxima que circulará por el conductor de la acometida, cuando todos los receptores estén funcionando al mismo tiempo, será de:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{8.376}{230} = 36'41 \ A$$

CAÍDA DE TENSIÓN

Seguidamente se averigua el **tanto por ciento máximo del voltaje que se permite perder en la línea**; según sea alumbrado, o no; teniendo en cuenta que si la línea es de doble utilización, es decir; alumbrado más otros usos; se aplicará el tanto por ciento que corresponda al alumbrado, que es al que se aplica la de menor pérdida.

En este caso **se trata de una cometida para un solo contador**. El Reglamento de Baja Tensión especifica que para **acometidas** la pérdida de tensión no puede ser superior al **1 %**, es decir; que en la acometida, según la fórmula 29, la pérdida será de:

$$u = \frac{V \ . \ \%}{100} = \frac{230 \ x \ 1}{100} = \frac{230}{100} = 2'3 \ V$$

RESISTENCIA DE LA LÍNEA

Para que en el conductor se pierdan 2´3 voltios es preciso que la resistencia del conductor sea de:

$$r = \frac{v}{I} = \frac{2'3}{36'41} = 0'063 \ \Omega$$

CALCULO DE LA SECCIÓN

4) Aplicando la fórmula 28 se obtiene la sección

$$s = \frac{\rho \cdot L \cdot 2}{r} = \frac{0'018 \ x \ 130 \ x \ 2}{0'063} = \frac{4'68}{0'063} = 74'28 \ mm^2$$

TERCER PASO: ELECCIÓN DEL CONDUCTOR COMERCIAL

La sección comercial por encima de este valor es, según se ve la **tabla 5** de la **ITC-BT 07** de:

95 mm^2

NOTA
Al ser la sección comercial más alta que la sección teórica, las pérdidas en tantos por ciento del voltaje de la línea siempre será algo **menor del 1por ciento** máximo tomado para el cálculo.

ULTIMO PASO: COMPROBACIÓN

Este cálculo dice que: para que sólo se pierda un máximo de **2'3 voltios, en 130 metros** de línea, por un **conductor de cobre** por el que va a circular una corriente de **36'41 A**. hace falta **95 mm^2**.

Para terminar el cálculo hace falta **comprobar** si efectivamente, el conductor de **95 mm^2** puede soportar **36'41 A**

La comprobación se hará con la misma **tabla 5** de la **ITC-BT 07**, que corresponde a conductores de cobre en instalación enterrada donde:

> Para **95 mm^2 en bipolar** está permitido una intensidad de hasta **290 Amperios** para conductores de **PVC**, o **325 A** si es conductor **EPR** (Etileno propileno)

Por tanto: el **cálculo es válido para cualquier tipo de conductor**.

7. DENSIDAD DE CORRIENTE

A veces, interesa saber la cantidad de corriente que soporta un conductor por cada milímetro cuadrado, es lo que se llama **densidad de corriente.**

La **densidad de corriente,** se halla dividiendo los amperios entre los milímetros cuadrados del conductor, que en este caso y según la fórmula 20, valdrá:

$$d = \frac{I}{s} = \frac{36'41}{95} = 0'38 \quad A/mm^2$$

NUEVO CALCULO PARA DIFERENTE DISTANCIA

Si la distancia en metros es diferente el resultado que arroja el cálculo también es diferente. Suponiendo que sea una distancia muy corta, mientras todos los demás datos sigan siendo los mimos el ejemplo: Una línea de **3 metros** de longitud con el mismo consumo y la misma pérdida del **1 %.**

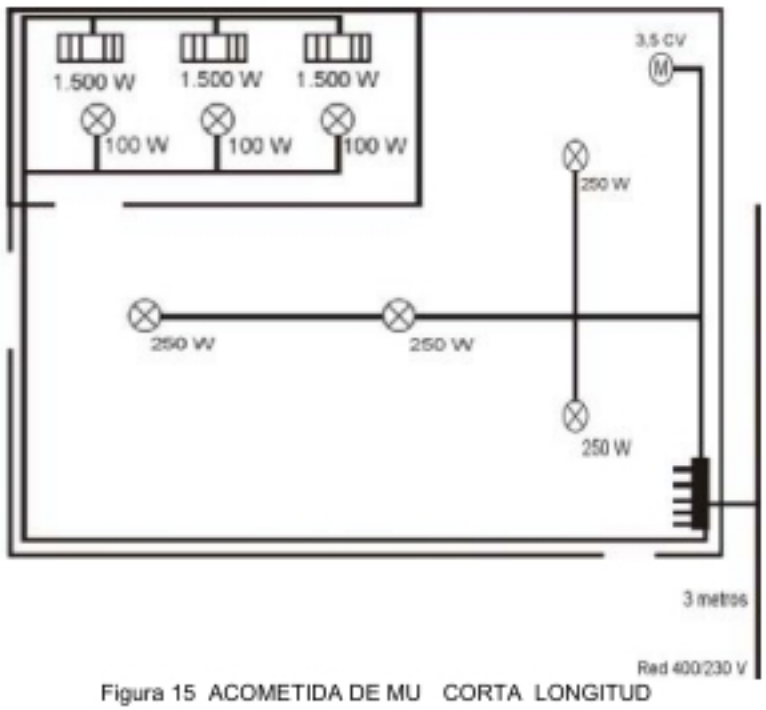


Figura 15 ACOMETIDA DE MU CORTA LONGITUD

Puede observarse que en la figura 15 aparece una puerta que no existía en la figura 14. Esto es así porque es necesario que el cuadro general esté junto a la puerta de entrada y no al final del recinto. Caso de no poderse abrir esta puerta el montaje sólo puede hacerse como en la anterior figura 14.

A veces esta variación en la arquitectura del edificio puede representar un gran ahorro en la instalación eléctrica y una mejora en la seguridad al tener el cuadro lejos de la entrad del público. Pero desgraciadamente, no siempre es posible.

Determinación del consumo

1) En primer lugar se hallará la **Intensidad de corriente** que va a soportar el conductor, (el alumno debe hacer por sí mismo los cálculos siguiendo las pautas que se indican.

Potencia del motor	P	736 . C.V.	736 x	
Potencia en calefacción	P	n .	3 x	_____
		Suma consumo distinto alumbrado		
Potencia en alumbrado	P	n .	4 x	
	P	n .	3 x	_____
		Suma consumo en alumbrado		_____
	Suma consumo total	(Alumbrado	otros usos)	

La corriente que circulará por el conductor será de

$$I = \frac{P}{V} = \frac{\quad}{\quad} = \qquad A$$

2) En el Reglamento de Baja Tensión; se fija que: para acometidas, la pérdida de tensión no puede ser superior al **1 %**, es decir, que la pérdida será de:

$$u = \frac{V \,.\, \%}{100} = \frac{\qquad}{100} = \frac{\qquad}{100} = \qquad V$$

3) Para que en el conductor se pierdan **2´3 voltios**, es preciso que la resistencia del conductor sea de:

$$r = \frac{u}{I} = \frac{\qquad}{} = \qquad \Omega$$

4) La sección se halla con la fórmula:

$$s = \frac{\rho \,.\, L \,.\, 2}{r} = \frac{\qquad\qquad x\, 2}{} = \frac{\qquad}{} = \qquad mm^2$$

5) La sección comercial por encima de este valor es según la **tabla 5**, de la **ITC-BT 07** es como mínimo de **6 mm²**

mm²

6) Se comprobará que en la misma tabla que para **6 mm²** en bipolar el amperaje máximo permitido es de:

Amperios para PVC

Por tanto, el cálculo para tres metros de distancia da **1,71 mm²**, pero la tabla da una sección mínima de **6 mm²**. En los casos de distancias muy cotas, no hacen falta los cálculos, basta con consultar la tabla sabiendo el amperaje.

En el caso de que, por la **caída de tensión** salga una **sección inferior** a la que puede soportar el cable, la sección definitiva debiera ser entonces la que corresponda en la tabla de reglamento a la intensidad que esté por encima del consumo previsto.

7) La densidad de corriente vale

$$I = \frac{I}{s} \quad = \quad A/mm$$

NOTA. Se observa en estos dos cálculos, que: Para distancias superiores a los 100 metros, las secciones son bastantes considerables; mientras que para distancias inferiores a los 10 metros, las secciones salen exageradamente pequeñas. Mientras que en el primer caso no hay forma de reducirlas, en el segundo hay que aumentarlas; de aquí la importancia de la tabla de las tablas las cuales, **obligatoriamente** deben ser consultadas, por cada cálculo que se efectúe.

8. FÓRMULA PARA CALCULAR LA SECCIÓN

En todo proceso de cálculo que se emplee divisiones, y se opera decimales, se llegan a resultados muy distintos según el número de decimales usados; y según las veces que se tenga que usar este resultado, para efectuar otras nueva divisiones, y luego otras; por ello, es mejor encontrar una sola fórmula, para obtener un resultado único final, que emplear una cascada de ellas para el mismo fin.

Teniendo en cuenta esto, conviene obtener una fórmula que combine todas los que intervienen en el proceso del calculo de la sección.

Crear una fórmula consiste en sustituir en una ecuación el valor de otra equivalente y luego reducirla.

$$u = \frac{V \cdot \%}{100}$$

El valor de **u** se colocará en la fórmula que determina la resistencia, y se reduce, con lo que se obtendrá una nueva ecuación.

$$r = \frac{u}{I} = \frac{\frac{V \cdot \%}{100}}{I} = \frac{V \cdot \%}{100\ I} = \frac{\%\ V}{100\ I}$$

El valor **u** ha desaparecido habiendo sido sustituido por su equivalente.

A continuación se introduce el valor r en la fórmula (28), que se utiliza para hallar el valor de la sección.

$$s = \frac{\rho \cdot 2 \cdot L}{r} = \frac{2\rho \cdot L}{\frac{\% \cdot V}{100I}} = \frac{2 \times 100\ \rho \cdot L \cdot I}{\% \ V}$$

Reduciendo, la fórmula se queda así:

$$s = \frac{200\ \rho \cdot L \cdot I}{\% \ V}$$

(30)

La sección de un conductor es igual a: doscientos, por el coeficiente de resistividad del conductor, por la longitud de la línea en metros, y por la intensidad de la corriente en amperios, dividido; todo ello, por el producto del tanto por ciento máximo de la perdida de tensión permitido, por el voltaje en el principio de la línea.

Aún es posible simplificar más la fórmula; sustituyendo el valor de la intensidad de corriente por los vatios (empleando la fórmula 8); puesto que el dato de la potencia es mucho más fácil de obtener, que el del amperaje

$$I = \frac{P}{V}$$

en la fórmula 30 se introducirá el valor de la potencia en sustitución del valor **I** obteniéndose el valor equivalente en una nueva fórmula:

$$s = \frac{200\ \rho\ L\ I}{\%\ V} = \frac{200\ \rho\ L\ \frac{P}{V}}{\%\ V} = \frac{200\ \rho\ L\ P}{\%\ V\ V}$$

es decir:

$$= \frac{200\ \rho\ L\ P}{\%\ V^2}\ \ en\ mn$$

(31)

Siempre que se emplee conductores de cobre, se tendrá que multiplicar **200 x 0'018** que dará un resultado de **3'6** si este valor se coloca en la fórmula 31 y ésta aparecerá ahora transformada en una nuevas fórmula:

$$s = \frac{3'6\ L\ P}{\%\ V^2}\ \ en\ mm^2$$

La sección en milímetros cuadrados de **una línea de cobre de dos conductores,** es igual al resultado de multiplicar **3'6** por la longitud de la línea en metros, por la potencia en vatios, y dividirlo todo por el producto de la caída de tensión, por el voltaje al cuadrado de la red.

Fórmula 32 Cálculo de una línea de cobre de dos conductores

CÁLCULO DE LÍNEAS INTERIORES APLICANDO LA FORMULA

En la figura 16, aparecen las distancias de las distintas líneas interiores del mismo edificio para el que ya sa ha calculado la acometida, calcúlese ahora las líneas de alumbrado y las de otros usos distintos del alumbrado. Observese que en el alumbrado se han incluido algunas variaciones y por tanto no exactamente igual al cálculo de la figura 15.

El **motor** de **3'5 C.V.** ya se vio que equivale a **2.576 W**, por lo que, al aplicar la fórmula, no debe de olvidarse la caída máxima de tensión permitida en la línea.

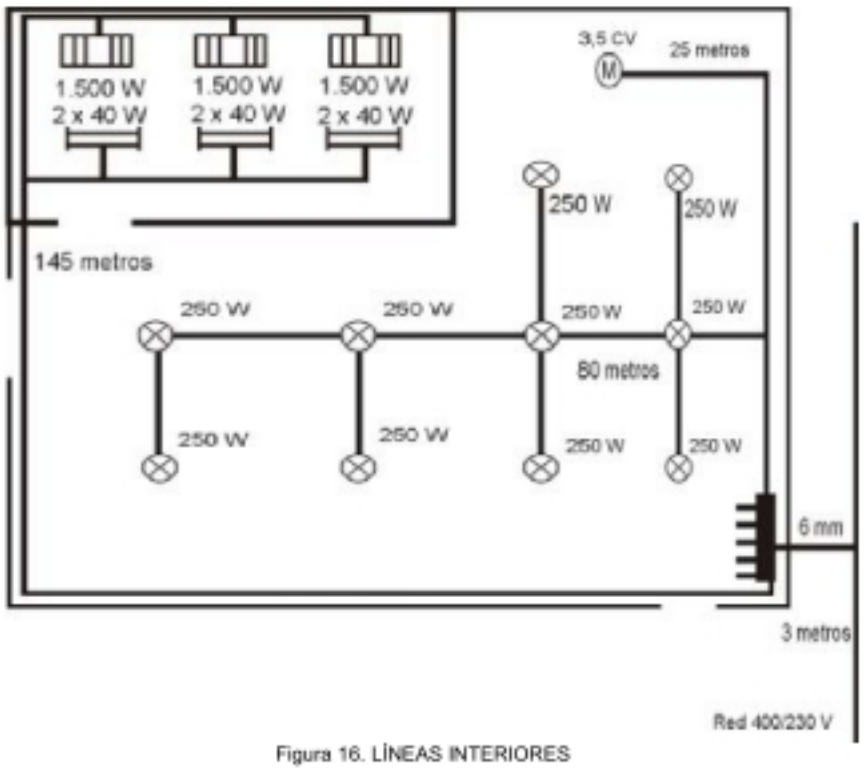


Figura 16. LÍNEAS INTERIORES

Sección para la línea del motor:

$$s = \frac{3'6\ L\ P}{\%\ V^2} = \frac{3'6\ x}{\qquad} = \frac{}{\qquad}$$

La instalación del motor se va ha hacer con conductores de PVC, en tubo sin empotrar. La sección hallada hay que comprobarla en la **tabla 1** de la **ITC-BT 19**

Antes de comprobar en la tabla 1, previamente hay que averiguar la intensidad de corriente que consume el motor.

I =

Efectuada la comprobación la sección definitiva es de

mm²

Se repetirá el cálculo para el **alumbrado del taller** con 10 lámparas de 250 cada una

$$s = \frac{3'6\ L\ P}{\%\ V^2} = \frac{3'6\ x}{\qquad} = \frac{}{\qquad}$$

Sección para la línea del alumbrado del taller:

mm²

La sección hallada se comprobará en la **tabla 1** de la **ITC-BT 19** si la sección es adecuada. Previamente habrá que hallar la intensidad de corriente que consume este alumbrado.

I =

Efectuada la comprobación la sección definitiva es de

mm²

Se repetirá el cálculo para la **oficina**, teniendo en cuenta que el alumbrado y las estufas están en la misma linea. El cálculo se hará para la caida de tensión menor, que es la del alumbrado

$$s = \frac{3'6\ L\ P}{\%\ V^2} = \frac{3'6\ x}{\qquad} = \frac{}{\qquad}$$

La sección para la oficina es de:

mm^2

En la misma tabla anteriormente citada se comprobará si la sección hallada es la correcta, para lo que previamente se determinará el consumo de la oficina.

I

Efectuada la comprobación la sección definitiva es de

mm^2

Si los cálculos son correctos las secciones serán:

Sección para la línea del motor : 2,5 mm^2 (por encima del cálculo)
Sección para la línea de alumbrado del taller: 1,5 mm^2 (por encima del cálculo)
Sección para la línea de oficina: 16 mm^2 (por encima de la tabla)

Nótese la diferencia de sección entre el cable de acometida, que soportará casi 38 amperios y es de 6 mm^2 y el de salida para las oficinas que con casi 16 amperios y requiere 16 mm^2

9. CALCULO DE LÍNEAS CON FACTOR DE POTENCIA

Los cálculos que se acaban de realizar se han ejecutados como si fuesen receptores puros, es decir, que el factor de potencia vale **1**; pero, cuando se emplea lámparas que llevan reactancia, o bien los receptores son motores, el factor de potencia alcanzará un valor a tener en cuenta al tiempo de calcular la intensidad de la corriente, en todas las fórmulas se añadirá el factor **cos φ**, que tiene un valor de **0'5** cuando se trata de reactancias, **0'85** cuando se trata de motores y un valor máximo de **1** cuando son lámparas incandescentes o estufas eléctricas, la fórmula 6 de la potencia queda transformada en:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

(33)

Si en esta fórmula se despeja el valor de **I** quedará:

$$I = \frac{P}{V \cos\varphi}$$

(34)

NOTA: No debe olvidarse que es lo mismo escribir la **P** de **Potencia** que la **W** de **vatio**, ya que ambas se mide y expresa en **vatios**.

10. DIFERENCIAS ENTRE CÁLCULO DE LÍNEA MONOFÁSICA Y TRIFÁSICA

Las **líneas monofásicas**, casi siempre se dedican a receptores puros; es decir, que no producen desfase; por lo tanto no existe el factor **cos φ**, mientras que, **en corriente trifásica**, casi siempre existe un desfase entre la intensidad y el voltaje; por lo que **siempre existirá un factor de potencia**.

En la línea trifásica la potencia será la suma algebraica de la intensidad de corriente que circula por cada fase, esta suma viene representada por el factor **√3 = 1' 73**

En el cálculo de líneas trifásica **la longitud a tomar no se multiplica por dos**; puestos que, cuando la línea está perfectamente equilibrada, por el neutro no circula corriente. Por ello, se toma sólo la longitud de ida, y para el neutro se coloca la mitad de la sección que resulte para la fase.

ELABORAR LA FORMULA PARA CALCULAR LA SECCIÓN DE UNA LÍNEA TRIFÁSICA

Las fórmulas que intervienen en el cálculo de una línea trifásica son:

1) El tanto por ciento máximo permitido, se determina cuantos voltios se permite perder en la línea.

$$u = \frac{V\,\%}{100}$$

2) Sabiendo los voltios de pérdida, a continuación se averigua la resistencia de la línea.

$$r = \frac{u}{I}$$

3) Conocida la resistencia se halla la sección.

$$s = \frac{\rho\, L}{r}$$

Si en la presente fórmula, se sustituyen los valores de **r**, el de **u** y el de **I** por sus equivalentes esta formula queda:

$$= \frac{\rho\, L}{\frac{u}{I}} = \frac{\rho\, L\, I}{u}$$

Hasta aquí, la única variación con la **fórmula 30** es, que **no se ha multiplicado la longitud de la línea por dos**; y que todavía no se ha cambiado la perdida en tantos por cientos; pero, a partir del punto en que se ha de determinar la intensidad de corriente, la fórmula sufre una pequeña alteración:

$$s = \frac{\rho\, L\, \frac{P}{\sqrt{3}\, V \cos\varphi}}{u} = \frac{\frac{\rho\, L\, P}{\sqrt{3}\, V \cos\varphi}}{u} =$$

$$= \frac{\rho\, L\, P}{\sqrt{3}\, V \cos\varphi\, u} = \frac{\rho\, L\, P}{\sqrt{3}\, V \cos\varphi\, \frac{\%\, V}{100}} =$$

$$= \frac{\rho\, L\, P}{\frac{\sqrt{3}\, V \cos\varphi\, \%\, V}{100}} = \frac{100\, \rho\, L\, P}{\sqrt{3}\, V^2 \cos\varphi\, \%}$$

Se ha elaborado una nueva fórmula de la sección, conociendo la **longitud**, los **voltios** los **vatios** y el **tanto por ciento** de pérdida máximo permitido.

$$= \frac{100\, \rho\, L\, P}{\sqrt{3}\, V^2 \cos\varphi\, \%} \quad en\ mm$$

Esta fórmula se puede reducir más dividiendo **100** entre **√3** da el cociente de **57'73** y la fórmula queda:

$$= \frac{57'73\, \rho\, L\, P}{\cos\varphi\, \%\, V^2} \quad en\ mm$$

(35)

Fórmula para calcular la sección los conductores de fase en **corriente trifásica** que dice:
La sección de una línea trifásica es igual al producto de multiplicar el coeficiente **57'73** por la resistividad del conductor, por la longitud en metros de la línea por los vatios instalados, y dividirlo todo ello, por el producto del coseno de φ, por la caída de tensión, por el voltaje al cuadrado.

Si en la fórmula 35 se sustituye el coeficiente de resistividad por el valor que tiene para el conductor de cobre (0 018), se halla el valor de: 0 018 x 57 73 1 039

$$s_{Cu} = \frac{1'039\ L\ P}{\cos\varphi\ \%\ V^2} \quad en\ mm^2\ de\ Cobre$$

En la práctica **1'039** es igual a **1** por lo que se puede quitar los decimales, y nos da una fórmula mucho mejor de recordar que la número 35

$$s_{Cu} = \frac{L\ P}{\cos\varphi\ \%\ V^2} \quad en\ mm^2\ de\ Cobre$$

(36)

La sección del **conductor de cobre** para **las fases de una linea trifásica** es igual a la longitud en metros por los vatios, divido, todo ello, por el producto del coseno de φ, por la caida de tensión, por el voltaje al cuadrado.

Si en la misma **fórmula 35** se coloca el coeficiente **0'03**; que le que corresponde a la resistividad de los conductores de aluminio, quedará: 0,03 x 57,73 1,73 que también es un número fácil de recordar porque coincide con el valor de la raíz cuadrada de 3

$$s_{Al} = \frac{1'73\ L\ P}{\cos\varphi\ \%\ V^2} \quad en\ mm^2\ de\ Aluminio$$

(37)

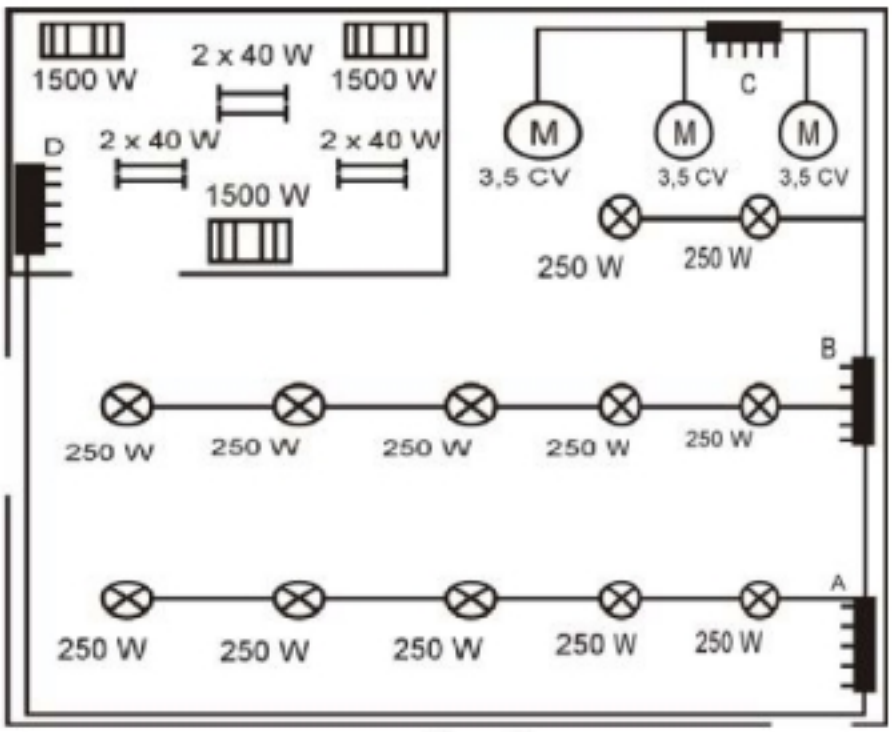
La sección del **conductor de aluminio** para **las fases de una linea trifásica** es igual al coeficiente 1 73 por la longitud en metros por los vatios, divido, todo ello, por el producto del coseno de φ, por la caida de tensión, por el voltaje al cuadrado.

4) Una vez hallada la sección hay que adaptarse a la sección comercial más próxima por encima del valor calculado. (**Tabla 1** de la **ITC-BT 19** si se trata de lineas interiores de cobre)

NOTA: La sección del cobre multiplicada por **1' 73** es la que corresponde a la sección en aluminio. Por lo tanto, se calcula la sección y cobre y con multiplicar por 1,73 ya se tiene la sección para aluminio.

11. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LÍNEAS TRIFÁSICAS

Calcular la línea interior de un almacén como el de la figura 17, que se colocará dentro de tubo sobre la pared.



	Línea de
A = Cuadro General	10 m
B = Cuadro de alumbrado	190 m
C = Cuadro de motores	85 m
D = Cuadro de Oficina	100 m

Tensión 400/230 V

Figura 17 TALLER CON LÍNEAS TRIFÁSICAS

El consumo es la suma de:

3 motor trifásico de 3´5 C.V. a 400 V
12 lámparas de vapor de mercurio 125 230 V, para el alumbrado del almacén
6 tubos fluorescentes de 40 230 V, para la oficina
3 aires acondicionado de 1500 230 V, cada uno, para la oficina.

El factor de potencia resultante es de cos φ 0 87

Si se instalan tres líneas habrá que calcular cada una de ellas independientemente, por cualquiera de los dos sistemas, formula directa, o sucesión de fórmulas.

CARGAS EN LAS LÍNEAS

1) En primer lugar hallar la Intensidad de corriente que van a soportar los distintos conductores

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V\cos\varphi}$$

Alumbrado I =
Oficina I =

Para calcular la línea de los motores hay que tener en consideración la siguiente regla: El motor de mayor potencia se calcula para una carga del 125 al que se le suma el 100 de los otros motores **(ITC-BT 47)**.

P 3,5 x 736 2.576

$$I = \frac{2.576}{1,73x400x0,87} = 4,278A \qquad I_{\%} = \frac{4,278x125}{100} = 5,348A$$

$I_{motores}$ 5,348 4,278 4,278 13,9 ≈ 14 A

Los tres motores consumen 2.576 x 3 7.728 pero, para el cálculo serán 8.372

Potencia de los motores		8.372
	Suma consumo distinto alumbrado	
Pot. en alumbrado taller	n .	
Pot. en alumbrado aire acondicionado de oficina	n . n .	
	Suma consumo en alumbrado	
	Suma consumo total (Alumbrado otros usos)	

CALCULO DE LA SECCIÓN APLICANDO LA FORMULA

$$s = \frac{L\ P}{\cos\varphi\ \%\ V^2} = \quad mm^2\ Alumbra$$

$$s_{Cu} = \frac{L\ P}{\cos\varphi\ \%\ V^2} = \quad mm^2\ Motores$$

$$s_{Cu} = \frac{L\ P}{\cos\varphi\ \%\ V^2} = \quad mm^2\ Oficina$$

ELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

La sección comercial, por encima de este valor; es, según vemos en la **tabla 1** de la **ITC-BT 19**, de:

ALUMBRADO	**mm² en cobre**
MOTORES	**mm² en cobre**
OFICINA	**mm² en cobre**

Los resultados deberán ser:

S_{Cu} alumbrado	2,49 A,	sección teórica 0,68 mm²	Sección real	1,5 mm²
S_{Cu} motores	14 A,	sección 1,02 mm²		2,5 mm²
S_{Cu} oficina	7,89 A,	sección 1,13 mm²		2,5 mm²

Como la sección de la fase es menor de 4 mm², la del neutro y la del conductor de protección será la misma que la de la fase.

Si no le da estos resultados, revise si ha utilizado 400 para la tensión V de la fórmula o 230, que es la tensión entre fase y neutro.

Por otro lado, véase que aunque se ha aumentado el consumo la sección en la línea trifásica ha diminuido.

12. CÁLCULO DEL TUBO PROTECTOR

Una vez determinada las secciones se seleccionará los tubos protectores conforme a la **ITC-BT 21** tabla 2

Para dentro de tubo las secciones halladas requieren:

Tubo para motores
Tubo para alumbrado
Tubo para oficina

Elegido el conductor y el tubo, tan sólo resta por confeccionar la lista de materiales, con la ayuda de catálogos comerciales. Para no tener que manejar muchos catálogos, se procurará hacerlo todo de la misma marca, esto además facilita los recambios; pero, no siempre es posible ya que las marcas no abarcan todo el abico de material utilizado en una instalación eléctrica, lo que complica, un poco las listas, pues en cada párrafo hay que repetir la marca, una y otra vez.

Si ha escogido bien, el diámetro de los tubos será:

Tubo para motores 20. Tubo para alumbrado 16, Tubo para oficina 20

Nota: Si se desea, se puede utilizar diámetros mayores, el inconveniente es que son más caros, tanto el tubo como la abrazadera, por lo que tampoco se debe sobrepasar en mucho la medida recomendada en la tabla.

INSTALACIONES EN LOCALES DE PÚBLICA CONCURRENCIA

ITC-BT-28

INDICE

1. CAMPO DE APLICACIÓN

2. AUMENTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SEGURIDAD
   - 2.1 Generalidades y fuentes de alimentación
   - 2.2 Fuentes propias de energía
   - 2.3 Suministros complementarios o de seguridad

3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA
   - 3.1 Alumbrado de seguridad
   - 3.1.1 Alumbrado de evacuación
   - 3.1.2 Alumbrado ambiente o anti pánico
   - 3.1.3 Alumbrado de zonas de alto riesgo
   - 3.2 Alumbrado de reemplazamiento
   - 3.3 Lugares en que deberán instalarse alumbrado de emergencia
   - 3.3.1 Con alumbrado de seguridad
   - 3.3.2 Con alumbrado de reemplazamiento
   - 3.4 Prescripciones de los aparatos para alumbrado de emergencia
   - 3.4.1 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia
   - 3.4.2 Luminaria alimentada por fuente central

4. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

5. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE ESPECTÁCULOS y ACTIVIDADES RECREATIVAS

6. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE REUNIÓN TRABA O

1 CAMPO DE APLICACIÓN

La presente instrucción se aplica a locales de pública concurrencia como:

Locales de espectáculos y actividades recreativas:

Cualquiera que sea su capacidad de ocupación, como por ejemplo, cines, teatros, auditorios, estadios, pabellones deportivos, plazas de toros, hipódromos, parques de atracciones y ferias fijas, salan de fiesta, discotecas, salas de juegos de azar.

Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios:

Cualquiera que sea su ocupación, los siguientes: Templos, Museos, Salas de conferencias y congresos, casinos, hoteles, hostales, bares, cafeterías, restaurantes o similares, zonas comunes en agrupaciones de establecimientos comerciales, aeropuertos, estaciones de viajeros, estacionamientos cerrados y cubiertos **para más de 5 vehículos,** hospitales, ambulatorios y sanatorios, asilos y guarderías

Si la ocupación prevista es de **más de 50 personas**: bibliotecas, centros de enseñanza, consultorios médicos, establecimientos comerciales, oficinas con presencia de público, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, clubes sociales y deportivos

La ocupación prevista de los locales se calculará como **1 persona por cada 0,8 m^2 de superficie útil**, a excepción de pasillos, repartidores, vestíbulos y servicios.

Para las instalaciones en quirófanos y salas de intervención se establecen requisitos particulares en la **ITC-BT-38**

Igualmente se aplican a aquellos locales clasificados en condiciones **BD2, BD3 y BD4**, según la norma **UNE 20.460 -3** y a todos aquellos locales no contemplados en los apartados anteriores, cuando tengan una capacidad de ocupación de más de **100 personas**.

Esta instrucción tiene por objeto garantizar la correcta instalación y funcionamiento de los servicios de seguridad, en especial aquellas dedicadas a alumbrado que faciliten la evacuación segura de las personas o la iluminación de puntos vitales de los edificios.

2) ALIMENTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SEGURIDAD

En el presente apartado se definen las características de la alimentación de los servicios de seguridad tales como alumbrados de emergencia, sistemas contra incendios, ascensores u otros servicios urgentes indispensables que están fijados por las reglamentaciones específicas de las diferentes Autoridades competentes en materia de seguridad.

La alimentación para los servicios de seguridad, en función de lo que establezcan las reglamentaciones específicas, puede ser automática o no automática.

En una alimentación automática la puesta en servicio de la alimentación no depende de la intervención de un operador.

Una alimentación automática se clasifica, según la duración de conmutación, en las siguientes categorías:

- **Sin corte:** alimentación automática que puede estar asegurada de forma continua en las condiciones especificadas durante el periodo de transición, por ejemplo, en lo que se refiere a las variaciones de tensión y frecuencia.
- **Con corte muy breve:** alimentación automática disponible en **0,15 segundos** como máximo.
- **Con corte breve:** alimentación automática disponible en **0,5 segundos** como máximo.
- **Con corte mediano:** alimentación automática disponible en **15 segundos** como máximo.
- **Con corte largo:** alimentación automática disponible en **mas de 15 segundos**.

2.1 Generalidades y fuentes de alimentación

Para los servicios de seguridad la fuente de energía debe ser elegida de forma que la alimentación esté asegurada durante un tiempo apropiado.

Para que los servicios de seguridad funcionen en caso de incendio, los equipos y materiales utilizados deben presentar, por construcción o por instalación, una resistencia al fuego de duración apropiada.

Se elegirán preferentemente medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático al primer defecto. En el **esquema IT** debe preverse un controlador permanente de aislamiento que al primer defecto emita una señal acústica o visual.

Los equipos y materiales deberán disponerse de forma que se facilite su verificación periódica, ensayos y mantenimiento.

Se pueden utilizar las siguientes fuentes de alimentación:

- **Baterías de acumuladores**. Generalmente las baterías de arranque de los vehículos no satisfacen las prescripciones de alimentación para los servicios de seguridad
- **Generadores independientes**
- Derivaciones separadas de la red de distribución, efectivamente **independientes de la alimentación normal**

Las fuentes para servicios para servicios complementarios o de seguridad deben estar instaladas en lugar fijo y de forma que no puedan ser afectadas por el fallo de la fuente normal. Además, con excepción de los equipos autónomos, deberán cumplir las siguientes condiciones:

- se instalarán en emplazamiento apropiado, accesible solamente a las personas cualificadas o expertas.
- el emplazamiento estará convenientemente ventilado, de forma que los gases y los humos que produzcan no puedan propagarse en los locales accesibles a las personas.
- no se admiten derivaciones separadas, independientes y alimentadas por una red de distribución pública, salvo si se asegura que las dos derivaciones no puedan fallar simultáneamente.
- cuando exista una sola fuente para los servicios de seguridad, ésta no debe ser utilizada para otros usos. Sin embargo, cuando se dispone de varias fuentes, pueden utilizarse igualmente como fuentes de reemplazamiento, con la condición, de que en caso de fallo de una de ellas, la potencia todavía disponible sea suficiente para garantizar la puesta en funcionamiento de todos los servicios de seguridad, siendo necesario generalmente, el corte automático de los equipos no concernientes a la seguridad.

2.2 Fuentes propias de energía

Fuente propia de energía es la que esta constituida por **baterías de acumuladores, aparatos autónomos o grupos electrógenos.**

La puesta en funcionamiento se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la Empresa o Empresas distribuidoras de energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del **70%** de su valor nominal.

La capacidad mínima de una fuente propia de energía será, como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de seguridad en las condiciones señaladas en el apartado 3.1. de esta instrucción.

2.3 Suministros complementarios o de seguridad

Todos los locales de pública concurrencia deberán disponer de **alumbrado de emergencia.**

Deberán disponer de **suministro de socorro** los locales de espectáculos y actividades recreativas cualquiera que sea su ocupación y los locales de reunión, trabajo y usos sanitarios con una ocupación prevista de **más de 300 personas**.

Deberán disponer de **suministro de reserva:**

- Hospitales, clínicas, sanatorios, ambulatorios y centros de salud
- Estaciones de viajeros y aeropuertos
- Estacionamientos subterráneos para **más de 100 vehículos**
- Establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de **más de 2.000 m^2 de superficie**
- Estadios y pabellones deportivos

Cuando un local se pueda considerar tanto en el grupo de locales, que requieren suministro de socorro como en el grupo que requieren suministro de reserva, se instalará **suministro de reserva**

En aquellos locales singulares, tales como los establecimientos sanitarios, grandes hoteles de **más de 300 habitaciones,** locales de espectáculos con capacidad para **mas de 1.000 espectadores**, estaciones de viajeros, estacionamientos subterráneos con **más de 100 plazas**, aeropuertos y establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de **más de 2.000 m^2** de superficie, las fuentes propias de energía deberán poder suministrar, con independencia de los alumbrados especiales, la potencia necesaria para atender servicios urgentes indispensables cuando sean requeridos por la autoridad competente.

3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Las instalaciones destinadas a alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, **la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas**, para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen.

La alimentación del **alumbrado de emergencia** será **automática con corte breve**.

Se incluyen dentro de este alumbrado el alumbrado de seguridad y el alumbrado de reemplazamiento.

3.1 Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto **para garantizar la seguridad de las personas que evacuen** una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para **entrar en funcionamiento automáticamente** cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del **70%** de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores aparatos autónomos automáticos.

3.1.1 Alumbrado de evacuación.

Es la parte del **alumbrado de seguridad** previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia horizontal mínima de **1 lux**.

En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de **5 lux**.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales **será menor de 40.**

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo **durante una hora**, proporcionando la iluminancia prevista.

3.1.2 Alumbrado ambiente o anti-pánico

Es la parte del **alumbrado de seguridad** previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder alas rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente o anti pánico debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de **0,5 lux** en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de **1 m**

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será **menor de 40**.

El alumbrado ambiente o anti pánico deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo **durante una hora**, proporcionando la iluminancia prevista.

3.1.3 Alumbrado de zonas de alto riesgo

Es la parte del **alumbrado de seguridad** previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso. Permite la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros ocupantes del local.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo debe proporcionar una iluminancia mínima de **15 luxo el 10% de la iluminancia normal**, tomando siempre el mayor de los valores.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será **menor de 10**.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo el tiempo necesario para abandonar la actividad o zona de alto riesgo.

3.2 Alumbrado de reemplazamiento

Parte del **alumbrado de emergencia** que permite la continuidad de las actividades normales.

Cuando el alumbrado de reemplazamiento proporcione una iluminancia inferior al alumbrado normal, se usará únicamente para terminar el trabajo con seguridad.

3.3 Lugares en que deberán Instalarse alumbrado de emergencia

3.3.1 Con alumbrado de seguridad

Es obligatorio situar el alumbrado de seguridad en las siguientes zonas de los locales de pública concurrencia:

a) en todos los recintos cuya ocupación sea mayor de **100 personas**
b) los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a usos residencial u hospitalario y los de zonas destinadas a cualquier otro uso que estén previstos para la evacuación de **más de 100 personas**.
c) en los aseos generales de planta en edilicios de acceso público.
d) en los estacionamientos cerrados y cubiertos para **más de 5 vehículos**, incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
e) en los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
f) en las salidas de emergencia y en las señales de seguridad reglamentarias.
g) en todo cambió de dirección de la ruta de evacuación.
h) en toda intersección de pasillos con las rutas de evacuación.
i) en el exterior del edificio, en la vecindad inmediata a la salida
j) cerca (1) de las escaleras, de manera que cada tramo de escaleras reciba una iluminación directa.
) cerca (1) de cada cambio de nivel.
l) cerca (1) de cada puesto de primeros auxilios.
m) cerca (1) de cada equipo manual destinado a la prevención y extinción de incendios.
n) en los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente

(1) Cerca significa a una distancia inferior a **2 metros**, medida horizontalmente

En las zonas incluidas en los apartados m) y n), el alumbrado de seguridad proporcionará una iluminancia mínima de **5 lux** al nivel de operación.

Solo se instalará alumbrado, de seguridad para zonas de alto riesgo, en las zonas que asilo requieran, según lo establecido en 3.1.3.

También será necesario instalar **alumbrado de evacuación**, aunque no sea un local de pública concurrencia, en todas las escaleras de incendios, en particular toda escalera de evacuación de edificios para uso de viviendas excepto las unifamiliares; así como toda zona clasificada como de riesgo especial en el **Articulo 19** de la Norma Básica de Edificación **NBE-CPI-96**

3.3.2 Con alumbrado de reemplazamiento

En las zonas de hospitalización, la instalación de alumbrado de emergencia proporcionará una iluminancia no inferior de **5 lux y durante 2 horas como mínimo**. Las salas de intervención, las destinadas a tratamiento intensivo, las salas de curas, paritorios, urgencias dispondrán de un alumbrado de reemplazamiento que proporcionará un nivel de iluminancia igual al del alumbrado normal durante **2 horas** como mínimo.

3.4 Prescripciones de los aparatos para alumbrado de emergencia

3.4.1 Aparatos autónomos ara alumbrado de emergencia

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente en la que todos los elementos, tales como la batería, la lámpara, el conjunto de mando y los dispositivos de verificación y control, si existen, están contenidos dentro de la luminaria o a una distancia inferior a **1 m** de ella.

Los aparatos autónomos destinados a alumbrado de emergencia deberán cumplir las normas **UNE-EN 60.598 -2 -22** y la norma **UNE 20.392** o **UNE 20.062** según sea la luminaria para lamparas fluorescentes o incandescentes, respectivamente.

3.4.2 Luminaria alimentada cor fuente central

Luminaria que proporciona **alumbrado de emergencia** de tipo permanente o no permanente y que está alimentada, a partir de un sistema de alimentación de emergencia central, es decir, no incorporado en la luminaria.

Las luminarias que actúan como aparatos de emergencia alimentados por fuente central deberán cumplir lo expuesto en la **UNE-EN 60.598 -2-22.**

Los distintos aparatos de control, mando y protección generales para las instalaciones del alumbrado de emergencia por fuente central entre los que figurará un voltímetro **de clase 2,5** por lo menos, se dispondrán en un cuadro único, situado fuera de la posible intervención del público.

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central, estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de **10 A como máximo**. Una misma línea **no podrá alimentar más de 12 puntos de luz** o, si en la dependencia o local considerado existiesen varios puntos de luz para, alumbrado de emergencia, éstos deberán ser repartidos, al menos, entre **dos líneas diferentes**, aunque su número sea inferior a doce.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central se dispondrán, cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, **a 5 cm como mínimo, de otras canalizaciones eléctricas** y, cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de éstas por tabiques incombustibles no metálicos.

4. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

Las instalaciones en los locales de pública concurrencia, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan.

a) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual y se colocará junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección establecidos en la instrucción **ITC-BT-17**. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un dispositivo de mando y protección. Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de **16 amperios** se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

b) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre antes del cuadro general.

c) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.

d) En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas **no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas** instaladas en los ocales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos, y si procede contra contactos indirectos.

e) Las canalizaciones deben realizarse según lo dispuesto en las **ITC-BT-19** e **ITC-BT-20** y estarán constituidas por:

Conductores aislados, de tensión asignada no inferior a **450/750 V**, colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados en especial en las zonas accesibles al público.
Conductores aislados, de tensión asignada no inferior a **450/750 V**, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción totalmente construidos en materiales incombustibles de resistencia al fuego **RF-120**, como mínimo.
Conductores rígidos aislados, de tensión asignada no inferior a **0,6/1 Kv**, armados, colocados directamente sobre las paredes.

f) Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma **UNE 21.123 parte 4 o 5**; o a la norma **UNE 21.1002** (según la tensión asignada del cable), cumplen con esta prescripción.

Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como no propagadores de la llama de acuerdo con las normas **UNE-EN 50.085 -1** y **UNE-EN 50.086 -1**, cumplen con esta prescripción.

Los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad no autónomos o a circuitos de servicios como fuentes autónomas centralizadas, deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma **UNE-EN 50.200** y tendrán emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma **UNE-EN 21.123 partes 4 o 5, apartado 3.4.6**, cumplen con la prescripción de emisión de humos y opacidad reducida.

g) Las fuentes propias de energía de corriente alterna a **50 Hz**, no podrán dar tensión de retorno a la acometida o acometidas de la red de Baja Tensión pública que alimenten al local de pública concurrencia.

5. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE ESPECTÁCULOS Y ACTIVIDADES RECREATIVAS

Además de las prescripciones generales señaladas en el capítulo anterior, se cumplirán en los locales de espectáculos las siguientes prescripciones complementarias:

a) A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores omnipolares con la debida protección al menos, para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:

Sala de público
Vestíbulo, escaleras y pasillos de acceso a la sala desde la calle, y dependencias anexas a ellos.
Escenario y dependencias anexas a él, tales como camerinos, pasillos de acceso a éstos, almacenes, etc.
Cabinas cinematográficas o de proyectores para alumbrado.

Cada uno de los grupos señalados dispondrá de su correspondiente cuadro secundario de distribución, que deberá contener todos los dispositivos de protección. En otros cuadros se ubicarán los interruptores, conmutadores, combinadores, etc. que sean precisos para las distintas lineas, baterías, combinaciones de luz y demás efectos obtenidos en escena.

b) En las cabinas cinematográficas y en los escenarios así como en los almacenes y talleres anexos a éstos, se utilizarán únicamente canalizaciones constituidas por conductores aislados, de tensión asignada no inferior a **450/750 V**, colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados. Los dispositivos de protección contra sobreintensidades estarán constituidos siempre por interruptores automáticos magnetotérmicos; las canalizaciones móviles estarán constituidas por conductores con aislamiento del tipo doble o reforzado y los receptores portátiles tendrán un aislamiento de la **clase II**.

c) Los cuadros secundarios de distribución deberán estar colocados en locales independientes o en el interior de un recinto construido con material no combustible.

d) Será posible cortar, mediante interruptores omnipolares, cada una de las instalaciones eléctricas correspondientes a:

Camerinos
Almacenes
Talleres
Otros locales con peligro de incendio
Los reóstatos, resistencias y receptores móviles el equipo escénico.

e) Las resistencias empleadas para efectos o juegos de luz o para otros usos, estarán montadas a suficiente distancia de los telones, bambalinas y demás material del decorado y protegidas suficientemente para que una anomalía en su funcionamiento no pueda producir daños. Estas precauciones se hacen extensivas a cuantos dispositivos eléctricos se utilicen y especialmente a las linternas de proyección y a las lámparas de arco de las mismas.

f) El alumbrado general deberá ser completado por un alumbrado de evacuación, conforme a las disposiciones del apartado 3.1.1, el cual funcionará permanentemente durante el espectáculo y hasta que el local sea evacuado por el público.

g) Se instalará iluminación de balizamiento en cada uno de los peldaños o rampas con una inclinación superior al **8%** del local con la suficiente intensidad para que puedan iluminar la huella. En el caso de pilotos de balizado, se instalará **a razón de 1 por cada metro lineal** de la anchura o fracción. La instalación de balizamiento debe estar construida de forma que el paso de alerta al de funcionamiento de emergencia se produzca cuando el valor de la tensión de alimentación descienda por debajo del **70%** de su valor nominal.

6. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE REUNIÓN Y TRABAJO

Además de las prescripciones generales señaladas en el capítulo 5, se cumplirán en los locales de reunión las siguientes prescripciones complementarias:

A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores omnipolares, al menos para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:

Salas de venta o reunión, por planta del edificio
Escaparates
Almacenes
Talleres
Pasillos, escaleras y vestibulos

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso Virtual

Electricidad industrial

Módulo 1
Equipos e instalaciones de distribución
y suministros de energía en Baja Tensión

Tema 10

Puesta en marcha de las instalaciones
Elaboración de documentación
técnico administrativa

Tema 10

Elaboración de documentación técnica

ÍNDICE

1. Documentación técnica y esquemas de montajes 1
2. Documentación de las instalaciones 2
3. Memoria técnica de diseño 2
4. Proyecto 2
5. Instalaciones que precisan proyectos 3
6. Ejecución y tramitación de las instalaciones 4
7. Comprobación y verificación antes de la puesta en marcha 4
8. Documentación técnica 5
ITC-BT 03 6
ITC-BT 04 13
ITC-BT 05 19
Anexo 1 Certificado de instalación eléctrica que elabora el electricista autorizado 23
Anexo 2 Memoria técnica de diseño de Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión 25
Anexo 3 Manual de instrucciones para el titular de la instalación 30
Anexo 4 Certificado emitido por la entidad aseguradora 30
Anexo 5 Instalaciones que serán objeto de inspecciones periódicas 31
Anexo 6 Declaración de que se poseen los medios técnicos 32

Tema 10

Elaboración de documentación técnica

1. DOCUMENTACIÓN T CNICA ES UEMAS DE MONTA ES

Parece ilógico, que sin con cada cualquier electrodoméstico, se acompañe un libro de instrucciones, que no se haga lo mismo con la entrega de una instalación, donde se reflejen sus características fundamentales, trazado, instrucciones y precauciones de uso, etc. Desde la entrada en vigor del nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se exige la entrega al titular de una instalación, **una Documentación Técnica**, así como **un Esquema del montaje**. Esta documentación tiene que ser **elaborada por el propio instalador**, y como en el caso de los electrodomésticos, se hará constar el nombre y domicilio social del instalador, así como el número del teléfono de contacto.

Artículo 19 del REBT. Información a los usuarios.

Como anexo al certificado de instalación que se entregue al titular de cualquier instalación eléctrica, la empresa instaladora deberá confeccionar **unas instrucciones para el correcto uso y mantenimiento de la misma.** Dichas instrucciones incluirán, en cualquier caso, como mínimo, **un esquema unifilar de la instalación** con las características técnicas fundamentales de los equipos y materiales eléctricos instalados, así como **un croquis de su trazado**.

Cualquier modificación o ampliación requerirá la elaboración de **un complemento a lo anterior**, en la medida que sea necesario.

Con el anterior reglamento, como no existían ni esquemas, ni croquis, se modificaban las instalaciones al 100 por 100. El único requisito era que no se cambiara el contador. El contador se cambiaba cada vez que se aumentaba la potencia contratada, porque un aumento de potencia requería un boletín de enganche nuevo.

Con el actual reglamento, la potencia se puede aumentar sin necesidad de nuevo boletín de enganche. Pero la instalación será la misma, admitiéndose pequeñas variaciones, siempre que se agregue un esquema de la modificación realizada y por electricista autorizado, el propietario no puede realizar por si mismo modificaciones ni permitir que las realice otro si no es electricista autorizado.

2. DOCUMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES
Resumen de la ITC BT 04

Las instalaciones en el ámbito de aplicación del reglamento de BT **deben ejecutarse sobre la base de una documentación técnica** que, en función de su importancia, deberá adoptar una de las siguientes modalidades:

Memoria Técnica de Diseño o **Proyecto**

3. MEMORIA T CNICA DE DISE O

La Memoria Técnica de Diseño **MTD se redactará sobre impresos seg n modelo determinado por el Órgano competente de la Comunidad Autónoma**, con objeto de proporcionar los principales datos y características de diseño de las instalaciones.

El instalador autorizado para la categoría de la instalación correspondiente o el técnico titulado competente que **firme dicha Memoria** será directamente responsable de que la misma se adapte a las exigencias reglamentarias.

4. PRO ECTO

Cuando se precise proyecto, éste deberá ser **redactado y firmado por técnico titulado competente**, quien será directamente responsable de que el mismo se adapte a las disposiciones reglamentarias.

El **proyecto** de instalación se desarrollará, bien como **parte del proyecto general del edificio**, bien en forma de uno o varios proyectos específicos.

No hay impresos ni modelos para redactar un proyecto, el técnico titulado lo redacta de manera que en el mismo se recojan los datos referentes a:

Datos del propietario de la instalación, Localización, uso, secciones, clase de conductores, clase de receptores y potencia. Además, un esquema de la instalación y características de los interruptores de protección y cálculos que justifiquen el proyecto. No se establece número concreto de esquemas, se piden todos los que sean necesarios.

5. INSTALACIONES UE PRECISAN PRO ECTO

Para su ejecución, precisan elaboración de proyecto las nuevas instalaciones siguientes:

Grupo	Tipo de Instalación	Limites
a	Las correspondientes a industrias, en general	P>20 Kw
b	Las correspondientes a: - Locales húmedos, polvorientos o con nesgo de corrosión: - Bombas de extracción o elevación de agua, sean industriales o no.	P>10 Kw
c	Las correspondientes a: - Locales mojados; - generadores y convertidores; - conductores aislados para caldeo, excluyendo las de viviendas	P>10 Kw
d	- de carácter temporal pare alimentación de maquinaria de obras en construcción. - de carácter temporal en locales o emplazamientos abiertos;	P>50 Kw
e	Las de edificios destinados principalmente a viviendas, locales comerciales y oficinas, que no tengan la consideración de locales de locales de pública concurrencia, en edificación vertical u horizontal	P>100 Kw por caja gral. de protección
f	Las correspondientes a viviendas unifamiliares	P>5O Kw
g	Las de garajes que requieren ventilación forzada	Cualquiera que sea su ocupación
h	Las de garajes que disponen de ventilación natural	De más de 5 plazas de estaciona-miento
i	Las correspondientes a locales de pública concurrencia;	Sin límite
j	Las correspondientes a: -Lineas de baja tensión con apoyos comunes con las de alta tensión; - Máquinas de elevación y transporte; - Las que utilicen tensiones especiales; - Las destinadas a rótulos luminosos salvo que se consideren instalaciones de baja tensión según lo establecido en la ITC-BT 44; - Cercas eléctricas: - Redes aéreas o subterráneas de distribución;	Sin límite de potencia
k	Instalaciones de alambrado exterior	P> 5 Kw
l	Las correspondientes a locales con riesgo de incendio o explosión, excepto garajes	Sin límite
m	Las de quirófanos y salas de intervención	Sin límite
n	Las correspondientes a piscinas y fuentes.	P> 5 Kw
o	Todas aquellas que, no estando comprendidas en los grupos anteriores determine el Ministerio de Ciencia y Tecnología, mediante la oportuna Disposición.	Según corresponda

(P = Potencia prevista en la instalación, teniendo en cuenta lo estipulado en la ITC-BT-10)

6. E ECUCIÓN TRAMITACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Todas las instalaciones en el ámbito de aplicación del Reglamento **deben ser efectuadas por los instaladores autorizados** en baja tensión.

En el caso de **instalaciones que requirieron Proyecto**, su ejecución deberá contar con **la dirección de un técnico titulado competente**.

Si, en el curso de la ejecución de la instalación, el instalador autorizado consideráse que el Proyecto o Memoria Técnica de Diseño no se ajusta a lo establecido en el Reglamento, deberá, **por escrito**, poner tal circunstancia en conocimiento del autor de dichos Proyecto o Memoria, y del propietario. Si no hubiera acuerdo entre las partes se someterá la cuestión al Órgano competente de la Comunidad Autónoma, para que ésta resuelva en el más breve plazo posible.

7. COMPROBACIÓN ERI ICACIÓN ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA

Al término de la ejecución de la instalación, **el instalador autorizado** realizará las verificaciones que resulten oportunas, en función de las características de aquélla, según se especifica en la **ITC BT 05** y en su caso **todas las que determine la dirección de obra.**

Finalizadas las obras y realizadas las verificaciones e inspección inicial a que se refieren los puntos anteriores, **Instalador autorizado deberá emitir un Certificado de Instalación**, según modelo establecido por la Administración, que deberá comprender, al menos, lo siguiente:

Datos referentes a las principales características de la instalación, **potencia** prevista, **identificación del instalador autorizado** responsable de la instalación y **declaración expresa de que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con las prescripciones del Reglamento** y, en su caso, con las especificaciones particulares aprobadas a la Compañía eléctrica, así como, según corresponda, con el Proyecto o la Memoria Técnica de Diseño.

8. DOCUMENTACIÓN T CNICA

Desde el 26 de enero de 2004, la Delegación Provincial de Empleo y Desarrollo Tecnológico (Industria) de la Junta de Andalucía, se exige para todas y cada una de las instalaciones eléctricas de baja tensión, que se presenten en dicha Delegación con el fin de ser legalizadas, los siguientes documentos:

- **Certificado de Instalación Eléctrica de Baja Tensión**
  Según modelo de la resolución de 11 de noviembre de 2003 de la DGIEM (BOJA nº 232 de 2-12-03).

- **Memoria Técnica de Diseño de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión**
  (En todos los casos que la instalación no requiera proyecto), según modelo de la resolución de 1 de diciembre de 2003 de la DGIEM (BOJA nº 8 de 14-1-04).

- **Manual de instrucciones para el titular de la instalación**
  donde se reflejen las instrucciones y precauciones de uso, así como esquema unifilar y croquis del trazado de la instalación.

- **Certificado emitido por la Entidad Aseguradora** correspondiente
  En el que conste que el Instalador Autorizado en cuestión tiene contratada una póliza por valor mínimo de 601.012,1 euros (100 millones de pesetas). A quien no disponga del certificado, y mientras la Entidad Aseguradora realice los trámites necesarios para la emisión de los mismos, se le admitirá fotocopia del recibo del seguro donde se vea reflejada la cobertura de 601.012,1 euros.

Nota: Después de la ITC BT 03 ITC BT 04 y la ITC BT 05 este tema 10 se complementa con los siguientes anexos:

Anexo 1: Certificado de instalación eléctrica de la Junta de Andalucía
Anexo 2: Memoria técnica de diseño de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión
Anexo 3: Manual de instrucciones para el titular de la instalación
Anexo 4: Certificado emitido por la entidad aseguradora
Anexo 5: Instalaciones que serán objeto de inspecciones periódicas
Anexo 6: Declaración de que se poseen los medios técnicos

INSTALADORES AUTORIZADOS EN BA A TENSIÓN

ITC BT 03

ÍNDICE

1. OBJETO

2. INSTALADOR AUTORIZADO EN BAJA TENSIÓN

3. CLASIFICACIÓN DE LOS INSTALADORES AUTORIZADOS EN BAJA TENSIÓN
   3.1 Categoría básica (IBTB)
   3.2 Categoría especialista (IBTE)

4. CERTIFICADO DE CUALIFICACIÓN INDIVIDUAL EN BAJA TENSIÓN

5. AUTORIZACIÓN COMO INSTALADOR EN BAJA TENSIÓN
   5.1 Requisitos

6. ACTUACIONES DE LOS INSTALADORES AUTORIZADOS EN BAJA TENSIÓN EN COMUNIDADES AUTÓNOMAS DISTINTAS DE AQUELLA DONDE OBTUVIERON LA AUTORIZACIÓN

7. OBLIGACIONES DE LOS INSTALADORES AUTORIZADOS EN BAJA TENSIÓN

APÉNDICE

1. OB ETO

La presente Instrucción Técnica Complementaria tiene por objeto desarrollar las previsiones del artículo 22 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, estableciendo las condiciones y requisitos que deben observarse para la certificación de la competencia y la autorización administrativa correspondiente de los instaladores autorizados en el ámbito de aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

2. INSTALADOR AUTORIZADO EN BA A TENSIÓN.

Instalador Autorizado en Baja Tensión es la persona física o jurídica que realiza, mantiene o repara las instalaciones eléctricas en el ámbito del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, habiendo sido autorizado para ello según lo prescrito en la presente Instrucción.

3. CLASI ICACIÓN DE LOS INSTALADORES AUTORIZADOS EN BA A TENSIÓN

Los instaladores autorizados en Baja Tensión se clasifican en las siguientes categorías:

3.1 Categoria básica IBTB

Los instaladores de esta categoría podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones eléctricas para baja tensión en edificios, industrias, infraestructuras y, en general, todas las comprendidas en el ámbito del presente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, que no se reserven a la categoría especialista (IBTE).

3.2 Categoria especialista IBTE .

Los instaladores y empresas instaladoras de la categoría especialista podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones de la categoría Básica y, además, las correspondientes a:

- Sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios;
- sistemas de control distribuido;
- sistema de supervisión, control y adquisición de datos;
- control de procesos;
- líneas aéreas y subterráneas para distribución de energía;
- locales con riesgo de incendio o explosión;
- quirófanos y salas de intervención;
- lámparas de descarga en alta tensión, rótulos luminosos y similares;
- instalaciones generadoras de baja tensión;

que estén contenidas en el ámbito del presente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas complementarias.

En los certificados de cualificación individual y de instalador deberán constar expresamente la modalidad o modalidades de entre las citadas para las que se haya sido autorizado, caso de no serlo para la totalidad de las mismas.

3. CERTI ICADO DE CUALI ICACIÓN INDI IDUAL EN BA A TENSIÓN.

4.1. Concepto.

El Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión es el documento mediante el cual la Administración reconoce a su titular la capacidad personal para desempeñar alguna de las actividades correspondientes a las categorías indicadas en el apartado 3 de la presente Instrucción, identificándole ante terceros para ejercer su profesión en el ámbito del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Dicho certificado no capacita, por sí solo, para la realización de dicha actividad, sino que constituirá requisito previo para la obtención del Certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión.

4.2. Requisitos.

Para obtener el Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión, las personas físicas deberán acreditar ante la Comunidad Autónoma donde radique el interesado:

a **Encontrarse en edad legal laboral.**

– **Conocimientos teórico prácticos de electricidad.**
Sin perjuicio de lo previsto en la legislación sobre competencias profesionales, se entenderá que reúnen dichos conocimientos las personas que se encuentren en alguna de las siguientes situaciones:

b.1) Técnicos de grado medio en equipos e instalaciones electrotécnicas, con **1 año** de experiencia, como mínimo, en empresas de instalaciones eléctricas y habiendo realizado un **curso de 40 horas impartido por una Entidad de ormación Autorizada en Baja Tensión**;

b.2) Técnicos de grado medio en equipos e instalaciones electrotécnicas, habiendo realizado un **curso de 100 horas impartido por una Entidad de ormación Autorizada en Baja Tensión**;

b.3) Técnicos superiores en instalaciones electrotécnicas;

b.4) Técnicos superiores en instalaciones electrotécnicas y experiencia de trabajo en empresas de instalaciones eléctricas;

b.5) Titulados de Escuelas Técnicas de Grado Medio o Superior con formación suficiente en el campo electrotécnico.

b.6) Titulados de Escuelas Técnicas de Grado Medio o Superior con formación suficiente en el campo electrotécnico y experiencia de trabajo en empresas de instalaciones eléctricas;

Se admitirán las titulaciones declaradas por la Administración española competente como equivalentes a las mencionadas, así como las titulaciones equivalentes que se determinen por aplicación de la legislación comunitaria o de otros acuerdos internacionales con terceros países, ratificados por el Estado Español.

c) Haber **superado un examen**, ante dicha Comunidad Autónoma, en los siguientes casos:

c. **1 teórico práctico**, en las situaciones b. 1) y b.2);

c..**2 práctico**, en las situaciones b.3 y b.5),

sobre las disposiciones del Reglamento e Instrucciones Técnicas complementarias correspondientes a la categoría en la que se desea obtener la cualificación, cuyos requisitos, criterios y contenidos mínimos podrán ser definidos mediante resolución del Órgano Competente en materia de Seguridad Industrial del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

4.3. Concesión y validez.

Cumplidos los requisitos de 4.2, la Comunidad Autónoma expedirá el correspondiente Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión, con la anotación de la categoría o categorías correspondientes.

El Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión tendrá **validez en todo el territorio español**.

En caso de variación importante del Reglamento respecto del que constituyó la base para la concesión del certificado, y siempre que en la Disposición correspondiente se determine expresamente que, en razón de la misma, sea preciso hacerlo, el titular del certificado deberá solicitar la actualización del mismo, cumpliendo los requisitos que dicha Disposición establezca para ello. En caso de no hacerlo, el certificado solamente será válido para la reglamentación anterior, en tanto en cuanto no sea preciso aplicarlo junto con las nuevas disposiciones.

5. AUTORIZACIÓN COMO INSTALADOR EN BA A TENSIÓN

5.1 Requisitos.

Para obtener la autorización de Instalador en Baja Tensión, a que se refiere el apartado 2 de la presente Instrucción, deberán acreditarse ante la Comunidad Autónoma donde radiquen los interesados, los siguientes requisitos:

a) **Contar con los medios técnicos** y humanos que se determinan en el Apéndice de la presente Instrucción, para las respectivas categorías;
b) **Tener suscrito seguro de responsabilidad civil** que cubra los riesgos que puedan derivarse de sus actuaciones, mediante póliza por una cuantía mínima de **600.000 euros** para la categoría básica y de **900.000 euros** para la categoría especialista, cantidad que se actualizará anualmente, según la variación del índice de precios al consumo, certificada por el Instituto Nacional de Estadística. De dicha actualización se trasladará justificante al Órgano competente de la Comunidad:
c) Estar dados de **alta en el Impuesto de Actividades Económicas**, en el epígrafe correspondiente;
d) Estar incluidos en el censo de obligaciones tributarias:
e) Estar dados de alta en el correspondiente régimen de la seguridad Social:
f) En el caso de las personas jurídicas, estar constituidas legalmente. Además, deberán aportarse, cumplimentados con los datos de la entidad, los carnets identificativos de las personas físicas dotadas de Certificados de cualificación individual.

5.2. Concesión y validez.

5.2.1. El Órgano competente de la Comunidad Autónoma, en caso de que se cumplan los requisitos indicados en el apartado anterior, expedirá el correspondiente Certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión, en el cual constará la categoría o categorías que comprenda. Además, constará en el certificado la advertencia de que el mismo no tendrá validez si el instalador no ha sido inscrito en el Registro de Establecimientos Industriales, para lo cual deberá reservarse un apartado en el certificado para su cumplimentación por el Registro.

En el caso de personas jurídicas se diligenciarán por la Comunidad Autónoma, asimismo, los carnets individuales identificativos.

5.2.2. El Certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión tendrá **validez en todo el territorio español**, y por **un periodo inicial de 5 años**, siempre y cuando se mantengan las condiciones que permitieron su concesión.

Se renovará, por un periodo igual al inicial, siempre que el Instalador autorizado lo solicite al Órgano competente de la Comunidad Autónoma con anterioridad a los 3 meses previos inmediatos a la finalización de su vigencia, y se acredite el mantenimiento de las condiciones que dieron lugar a su anterior autorización.

Si el Órgano competente no resolviese sobre la renovación antes de la fecha de caducidad de la autorización, o en los 3 meses posteriores, aquélla se considerará concedida.

5.2.3 Cualquier variación en las condiciones y requisitos establecidos para la concesión del certificado deberá ser comunicada al Órgano competente de la Comunidad Autónoma, en el plazo de un mes, si no afecta a la validez del mismo. En caso de que dicha variación supusiera dejar de cumplir los requisitos necesarios para la concesión del certificado, la comunicación deberá ser realizada en el plazo de 15 días inmediatos posteriores a producirse la incidencia, a fin de que el Órgano competente de la Comunidad Autónoma, a la vista de las circunstancias, pueda determinar la cancelación del mismo o, en su caso, la suspensión o prórroga condicionada de la actividad, en tanto se restablezcan los referidos requisitos.

La falta de notificación en el plazo señalado en el párrafo anterior, podrá suponer, además de las posibles sanciones que figuran en el Reglamento, la inmediata suspensión cautelar del certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión.

Asimismo, el certificado de instalador o de persona jurídica autorizada en Baja Tensión podrá quedar anulado, previo el correspondiente expediente, en caso de que se faciliten, cedan o enajenen certificados de instalación de obras no realizadas por el instalador autorizado.

g ACTUACIONES DE LOS INSTALADORES AUTORIZADOS EN BA A TENSIÓN EN COMUNIDADES AUTÓNOMAS DISTINTAS DE A UELLA DONDE OBTU IERON LA AUTORIZACIÓN.

Antes de comenzar su actividad en una Comunidad Autónoma distinta de aquélla que les concedió el certificado, los Instaladores Autorizados en Baja Tensión deberán comunicarlo al Órgano competente de la Comunidad Autónoma correspondiente, aportando copia legal de dicho certificado.

h OBLI ACIONES DE LOS INSTALADORES AUTORIZADOS EN BA A TENSIÓN.

Los Instaladores Autorizados en Baja Tensión deben, en sus respectivas categorías:

a) Ejecutar, modificar, ampliar, mantener o reparar las instalaciones que les sean adjudicadas o confiadas, de conformidad con la normativa vigente y con la documentación de diseño de la instalación, utilizando, en su caso, materiales y equipos que sean conformes a la legislación que les sea aplicable.

b) Efectuar las pruebas y ensayos reglamentarios que les sean atribuidos.
c) Realizar las operaciones de revisión y mantenimiento que tengan encomendadas, en la forma y plazos previstos.
d) Emitir los certificados de instalación o mantenimiento, en su caso.
e) Coordinar, en su caso, con la empresa suministradora y con los usuarios las operaciones que impliquen interrupción del suministro.
f) Notificar a la Administración competente los posibles incumplimientos reglamentarios de materiales o instalaciones, que observasen en el desempeño de su actividad. En caso de peligro manifiesto, darán cuenta inmediata de ello a los usuarios y, en su caso, a la empresa suministradora, y pondrá la circunstancia en conocimiento del Órgano competente de la Comunidad Autónoma en el plazo máximo de 24 horas.
g) Asistir a las inspecciones establecidas por el Reglamento, o las realizadas de oficio por la Administración, si fuera requerido por el procedimiento.
h) Mantener al día un registro de las instalaciones ejecutadas o mantenidas.
i) Informar a la Administración competente sobre los accidentes ocurridos en las instalaciones a su cargo.
j) Conservar a disposición de la Administración, copia de los contratos de mantenimiento al menos durante los 5 años inmediatos posteriores a la finalización de los mismos.

Apéndice

MEDIOS MÍNIMOS T CNICOS HUMANOS RE UERIDOS PARA LOS INSTALADORES AUTORIZADOS EN BA A TENSIÓN.

1. Medios humanos

Al menos una persona dotada de Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión, de categoría igual a cada una de las del Instalador Autorizado en Baja Tensión, si es el caso, en la plantilla de la entidad, a jornada completa. En caso de que una misma persona ostente dichas categorías, bastará para cubrir el presente requisito.

Operarios cualificados, en número máximo de **10 por cada persona dotada de Certificado** de Cualificación Individual en Baja Tensión, o por cada Técnico superior en instalaciones electrotécnicas o por cada Titulado de Escuelas Técnicas de grado Medio o Superior con formación suficiente en el campo electrotécnico.

2. Medios técnicos

2.1 Categoria Básica

2.1.1 Local: 25 m².

2.1.1. Equipos:

– Telurómetro;
– Medidor de aislamiento, según ITC-BT 19
m) Multímetro o tenaza, para las siguientes magnitudes:
Tensión alterna y continua hasta 500 V;
Intensidad alterna y continua hasta 20 A;
Resistencia;
14. Medidor de corrientes de fuga, con resolución mejor o igual que 1 mA;
15. Detector de tensión;
16. Analizador - registrador de potencia y energía para corriente alterna trifásica, con capacidad de medida de las siguientes magnitudes: potencia activa; tensión alterna; intensidad alterna; factor de potencia;
17. Equipo verificador de la sensibilidad de disparo de los interruptores diferenciales, capaz de verificar la característica intensidad - tiempo;
r) Equipo verificador de la continuidad de conductores;
– Medidor de impedancia de bucle, con sistema de medición independiente o con compensación del valor de la resistencia de los cables de prueba y con una resolución mejor o igual que 0,1 Ω;
– Herramientas comunes y equipo auxiliar;
u) Luxómetro con rango de medida adecuado para el alumbrado de emergencia

2.2. Categoría Especialista

Además de los medios anteriores, deberán contar con los siguientes, según proceda:

– Analizador de redes, de armónicos y de perturbaciones de red;
– electrodos para la medida del aislamiento de los suelos;
– aparato comprobador del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento de los quirófanos;

2.3. Herramientas equipos y medios de protección individual.

Estarán de acuerdo con la normativa vigente y las necesidades de la instalación.

DOCUMENTACIÓN PUESTA EN SER ICIO DE LAS INSTALACIONES

ITC BT 04

ÍNDICE

1. OBJETO

2. DOCUMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES
   2.1 Proyecto
   2.2 Memoria técnica diseño

3. INSTALACIONES QUE PRECISAN PROYECTO

4. INSTALACIONES QUE REQUIEREN MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO

5. EJECUCIÓN Y TRAMITACIÓN DE LAS INSTALACIONES

6. PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES

1. OB ETO

La presente Instrucción tiene por objeto desarrollar las prescripciones del artículo 18 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión determinando la documentación técnica que deben tener las instalaciones para ser legalmente puestas en servicio, así como su tramitación ante el Órgano competente de la Administración.

2. DOCUMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones en el ámbito de aplicación del presente Reglamento deben ejecutarse sobre la base de una documentación técnica que, en función de su importancia, deberá adoptar una de las siguientes modalidades:

2.1 Proyecto

Cuando se precise proyecto, de acuerdo con lo establecido en el apartado 3, éste deberá ser redactado y firmado por técnico titulado competente, quien será directamente responsable de que el mismo se adapte a las disposiciones reglamentarias. El proyecto de instalación se desarrollará, bien como parte del proyecto general del edificio, bien en forma de uno o varios proyectos específicos.

En la memoria del proyecto se expresarán especialmente:

- Datos relativos al propietario;
- Emplazamiento, características básicas y uso al que se destina;
- Características y secciones de los conductores a emplear;
- Características y diámetros de los tubos para canalizaciones;
- Relación nominal de los receptores que se prevean instalar y su potencia, sistemas y dispositivos de seguridad adoptados y cuantos detalles sean necesarios de acuerdo con la importancia de la instalación proyectada y para que se ponga de manifiesto el cumplimiento de las prescripciones del Reglamento y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Esquema unifilar de la instalación y características de los dispositivos de corte y protección adoptados, puntos de utilización y secciones de los conductores.
- Croquis de su trazado;
- Cálculos justificativos del diseño.

Los planos serán los suficientes en número y detalle, tanto para dar una idea clara de las disposiciones que pretenden adoptarse en las instalaciones, como para que la Empresa instaladora que ejecute la instalación disponga de todos los datos necesarios para la realización de la misma.

2.2 Memoria Técnica de Diseño.

La Memoria Técnica de Diseño (**MTD**) se redactará sobre impresos, según modelo determinado por el Órgano competente de la Comunidad Autónoma, con objeto de proporcionar los principales datos y características de diseño de las instalaciones. El instalador autorizado para la categoría de la instalación correspondiente o el técnico titulado competente que firme dicha Memoria será directamente responsable de que la misma se adapte a las exigencias reglamentarias.

En especial, se incluirán los siguientes datos:

- Los referentes al propietario;
- Identificación de la persona que firma la memoria y justificación de su competencia;
- Emplazamiento de la instalación;
- Uso al que se destina;
- Relación nominal de los receptores que se prevea instalar y su potencia;
- Cálculos justificativos de las características de la línea general de alimentación, derivaciones individuales y líneas secundarias, sus elementos de protección y sus puntos de utilización;
- Pequeña memoria descriptiva;
- Esquema unifilar de la instalación y características de los dispositivos de corte y protección adoptados, puntos de utilización y secciones de los conductores.
- Croquis de su trazado;

3. INSTALACIONES UE PRECISAN PRO ECTO.

3.1 Para su ejecución, precisan elaboración de proyecto las nuevas instalaciones siguientes:

Grupo	Tipo de Instalación	Limites
a	Las correspondientes a industrias, en general	P>20 Kw
b	Las correspondientes a: - Locales húmedos, polvorientos o con nesgo de corrosión: - Bombas de extracción o elevación de agua, sean industriales o no.	P>10 Kw
c	Las correspondientes a: - Locales mojados; - generadores y convertidores; - conductores aislados para caldeo, excluyendo las de viviendas	P>10 Kw
d	- de carácter temporal pare alimentación de maquinaria de obras en construcción. - de carácter temporal en locales o emplazamientos abiertos;	P>50 Kw
e	Las de edificios destinados principalmente a viviendas, locales comerciales y oficinas, que no tengan la consideración de locales de locales de pública concurrencia, en edificación vertical u horizontal	P>100 Kw por caja gral. de protección
f	Las correspondientes a viviendas unifamiliares	P>5O Kw
g	Las de garajes que requieren ventilación forzada	cualquiera que sea su ocupación
h	Las de garajes que disponen de ventilación natural	De más de 5 plazas de estaciona-miento
i	Las correspondientes a locales de pública concurrencia;	Sin límite
j	Las correspondientes a: -Líneas de baja tensión con apoyos comunes con las de alta tensión; - Máquinas de elevación y transporte; - Las que utilicen tensiones especiales; - Las destinadas a rótulos luminosos salvo que se consideren instalaciones de baja tensión según lo establecido en la ITC-BT 44; - Cercas eléctricas: - Redes aéreas o subterráneas de distribución;	Sin límite de potencia
k	Instalaciones de alambrado exterior	P> 5 Kw
l	Las correspondientes a locales con riesgo de incendio o explosión, excepto garajes	Sin límite
m	Las de quirófanos y salas de intervención	Sin límite
n	Las correspondientes a piscinas y fuentes.	P> 5 Kw
o	Todas aquellas que, no estando comprendidas en los grupos anteriores determine el Ministerio de Ciencia y Tecnología, mediante la oportuna Disposición.	Según correspon-da

(P = Potencia prevista en la instalación, teniendo en cuenta lo estipulado en la ITC-BT-10)

3.2 Asimismo requerirán elaboración de proyecto las ampliaciones y modificaciones de las instalaciones siguientes:

a) Las ampliaciones de las instalaciones de los tipos (b, c, g, i, j, l, m) y modificaciones de importancia de las instalaciones señaladas en 3.1;

b) Las ampliaciones de las instalaciones que, siendo de los tipos señalados en 3.1. no alcanzasen los límites de potencia prevista establecidos para las mismas, pero que los superan al producirse la ampliación.

c) Las ampliaciones de instalaciones que requirieron proyecto originalmente si en una o en varias ampliaciones se supera el 50 % de la potencia prevista en el proyecto anterior.

3.3 Si una instalación esta comprendida en más de un grupo de los especificados en 3.1 se le aplicará el criterio más exigente de los establecidos para dichos grupos.

4. INSTALACIONES UE RE UIEREN MEMORIA T CNICA DE DISE O.

Requerirán Memoria Técnica de Diseño todas las instalaciones - sean nuevas, ampliaciones o modificaciones - no incluidas en los grupos indicados en el apartado 3.

5. E ECUCIÓN TRAMITACIÓN DE LAS INSTALACIONES.

5.1 Todas las instalaciones en el ámbito de aplicación del Reglamento deben ser efectuadas por los instaladores autorizados en baja tensión a los que se refiere la Instrucción Técnica complementaria ITC-BT-03.

En el caso de instalaciones que requirieron Proyecto, su ejecución deberá contar con la dirección de un técnico titulado competente.

Si, en el curso de la ejecución de la instalación, el instalador autorizado consideráse que el Proyecto o Memoria Técnica de Diseño no se ajusta a lo establecido en el Reglamento, deberá, por escrito, poner tal circunstancia en conocimiento del autor de dichos Proyecto o Memoria, y del propietario. Si no hubiera acuerdo entre las partes se someterá la cuestión al Órgano competente de la Comunidad Autónoma, para que ésta resuelva en el más breve plazo posible.

5.2 Al término de la ejecución de la instalación, el instalador autorizado realizará las verificaciones que resulten oportunas, en función de las características de aquélla, según se especifica en la ITC-BT-05 y en su caso todas las que determine la dirección de obra.

5.3 Asimismo, las instalaciones que se especifican en la ITC-BT-05, deberán ser objeto de la correspondiente Inspección Inicial por Organismo de Control.

5.4 Finalizadas las obras y realizadas las verificaciones e inspección inicial a que se refieren los puntos anteriores, Instalador autorizado deberá emitir un Certificado de Instalación, según modelo establecido por la Administración, que deberá comprender, al menos, lo siguiente:

a) los datos referentes a las principales características de la instalación;
b) la potencia prevista de la instalación.;
c) o en su caso, la referencia del certificado del Organismo de Control que hubiera realizado con calificación de resultado favorable, la inspección inicial;
d) identificación del instalador autorizado responsable de la instalación;
e) declaración expresa de que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y, en su caso, con las especificaciones particulares aprobadas a la Compañía eléctrica, así como, según corresponda, con el Proyecto o la Memoria Técnica de Diseño.

5.5 Antes de la puesta en servicio de las instalaciones, el instalador autorizado deberá presentar ante el Órgano competente de la Comunidad Autónoma, al objeto de su inscripción en el correspondiente registro, el Certificado de Instalación con su correspondiente anexo de información al usuario, por quintuplicado, al que se acompañará, según el caso, el Proyecto o la Memoria Técnica de Diseño, así como el certificado de Dirección de Obra firmado por el correspondiente técnico titulado competente, y el certificado de inspección inicial con calificación de resultado favorable, del Organismo de Control, si procede.

El Órgano competente de la Comunidad Autónoma deberá diligenciar las copias del Certificado de Instalación y, en su caso, del certificado de inspección inicial, devolviendo cuatro al instalador autorizado, dos para sí y las otras dos para la propiedad, a fin de que ésta pueda, a su vez, quedarse con una copia y entregar la otra a la Compañía ecléctica, requisito sin el cual ésta no podrá suministrar energía a la instalación, salvo lo indicado en el Artículo 18.3 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

5.6 Instalaciones temporales en ferias exposiciones y similares.

Cuando en este tipo de eventos exista para toda la instalación de la feria o exposición una Dirección de Obra común, podrán agruparse todas las documentaciones de las instalaciones parciales de alimentación a los distintos stands o elementos de la feria, exposición, etc., y presentarse de una sola vez ante el Órgano competente de la Comunidad Autónoma, bajo una certificación de instalación global firmada por el responsable técnico de la Dirección mencionada.

Cuando se trate de montajes repetidos idénticos, se podrá prescindir de la documentación de diseño, tras el registro de la primera instalación, haciendo constar en el certificado de instalación dicha circunstancia, que será válida durante un año, siempre que no se produjeran modificaciones significativas, encendiendo como tales las que afecten a la potencia prevista, tensiones de servicio y utilización y a los elementos de protección contra contactos directos e indirectos y contra sobreintensidades y sobretensiones.

6. PUESTA EN SER ICIO DE LAS INSTALACIONES.

El titular de la instalación deberá solicitar el suministro de energía a la Empresas suministradora mediante entrega del correspondiente ejemplar del certificado de instalación.

La Empresa suministradora **podrá realizar a su cargo las verificaciones que considere oportunas**, en lo que se refiere al cumplimiento de las prescripciones del presente Reglamento.

Cuando los valores obtenidos en la indicada verificación sean inferiores o superiores a los señalados respectivamente para el aislamiento y corrientes de fuga en la **ITC BT 19**, las Empresas suministradoras no podrán conectar a sus redes las instalaciones receptoras.

En esos casos, deberán extender un Acta, en la que conste el resultado de las comprobaciones, la cual deberá ser firmada, igualmente por el titular de la instalación, dándose por enterado. Dicha acta, en el plazo más breve posible, se pondrá en conocimiento del Órgano competente de la Comunidad Autónoma, quien determinará lo que proceda.

ERI ICACIONES E INSPECCIONES

ITC BT 05

ÍNDICE

1. OBJETO

2. AGENTES INTERVENIENTES

3. VERIFICACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN SERVICIO

4. INSPECCIONES
   - 4.1 Inspecciones iniciales
   - 4.2 Inspecciones periódicas

5. PROCEDIMIENTO

6. CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS
   - 6.1 Defecto Muy Grave
   - 6.2 Defecto Grave
   - 6.3 Defecto Leve.

1. OB ETO

La presente Instrucción tiene por objeto desarrollar las previsiones de los **artículos 18 y 20** del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en relación con las verificaciones previas a la puesta en servicio e inspecciones de las instalaciones eléctricas incluidas en su campo de aplicación.

2. A ENTES INTER ENIENTES.

2.1. Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las instalaciones deberán ser realizadas por las empresas instaladoras que las ejecuten.

2.2. De acuerdo con lo indicado en el **artículo 20** del Reglamento sin perjuicio de las atribuciones que, en cualquier caso, ostenta la Administración Publica los agentes que lleven a cabo las inspecciones de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión deberán tener la condición de Organismos de Control según lo establecido en el Real Decreto 2.200/1995, de 28 de diciembre. acreditados para este campo reglamentario

3. ERI ICACIONES PRE IAS A LA PUESTA EN SER ICIO.

Las instalaciones eléctricas en baja tensión deberán ser verificadas, previamente a su puesta en servicio y según corresponda en función de sus características, siguiendo la metodología de la norma **UNE 20.460 6 61.**

4. INSPECCIONES.

Las instalaciones eléctricas en baja tensión de especial relevancia que se citan a continuación, deberán ser objeto de inspección por un Organismo de Control, a fin de asegurar, en la medida de lo posible, el cumplimiento reglamentario a lo largo de la vida de dichas instalaciones.

Las inspecciones podrán ser:

- **Iniciales:** Antes de la puesta en servicio de las instalaciones.
- **Periódicas**;

4.1 Inspecciones iniciales.

Serán objeto de inspección, una vez ejecutadas las instalaciones, sus ampliaciones o modificaciones de importancia y previamente a ser documentadas ante el Órgano competente de la Comunidad Autónoma, las siguientes instalaciones:

a) Instalaciones industriales que precisen proyecto, con una potencia instalada superior a **100 w**;
b) Locales de Pública Concurrencia;
c) Locales con riesgo de incendio o explosión, de **clase 1**, excepto garajes de **menos de 25 plazas**;
d) Locales mojados con potencia instalada **superior a 25 w**;
e) Piscinas con potencia instalada **superior a 10 w**;
g) Quirófanos y salas de intervención;
h) Instalaciones de alumbrado exterior con potencia instalada **superior 5 w**.

4.2 Inspecciones periódicas.

Serán objeto de inspecciones periódicas, **cada 5 años**, todas las instalaciones eléctricas en baja tensión que precisaron inspección inicial, según el punto 4.1 anterior, y **cada 10 años**, las comunes de edificios de viviendas de potencia total instalada **superior a 100 w**.

5. PROCEDIMIENTO.

5.1. Los Organismos de Control realizarán la inspección de las instalaciones sobre la base de las prescripciones que establezca el Reglamento de aplicación y, en su caso, de lo especificado en la documentación técnica, aplicando los criterios para la clasificación de defectos que se relacionan en el apartado siguiente. La empresa instaladora, si lo estima conveniente, podrá asistir a la realización de estas inspecciones.

5.2. Como resultado de la inspección, el Organismo de Control emitirá un Certificado de Inspección, en el cual figurarán los datos de identificación de la instalación y la posible relación de defectos, con su clasificación, y la calificación de la instalación, que podrá ser:

5.2.1 avorable: Cuando no se determine la existencia de ningún defecto muy grave o grave. En este caso, los posibles defectos leves se anotarán para constancia del titular, con la indicación de que deberá poner los medios para subsánarlos antes de la próxima inspección; Asimismo, podrán servir de base a efectos estadísticos y de control del buen hacer de las empresas instaladoras.

5.2.2 Condicionada: Cuando se detecte la existencia de, al menos, un defecto grave o defecto leve procedente de otra inspección anterior que no se haya corregido. En este caso:

a) Las **instalaciones nuevas** que sean objeto de esta calificación no podrán ser suministradas de energía eléctrica en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de favorable.
b) A las **instalaciones ya en servicio** se les fijará un plazo para proceder a su corrección, que no podrá superar los 6 meses. Transcurrido dicho plazo sin haberse subsanado los defectos, el Organismo de Control deberá remitir el Certificado con la calificación negativa al Órgano competente de la Comunidad Autónoma.

5.2.3 Negativa: Cuando se observe, al menos, un defecto muy grave. En este caso:

1. Las **nuevas** instalaciones no podrán entrar en servicio, en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de favorable.
b) Las instalaciones **ya en servicio** se les emitirá Certificado negativo, que se remitirá inmediatamente al Órgano competente de la Comunidad Autónoma.

6. CLASI ICACIÓN DE DE ECTOS.

Los defectos en las instalaciones se clasificarán en: Defectos muy graves, defectos graves y defectos leves.

6.1 Defecto Muy rave.

Es todo aquél que la razón o la experiencia determina que constituye un peligro inmediato para la seguridad de las personas o los bienes.

Se consideran tales los incumplimientos de las medidas de seguridad que pueden provocar el desencadenamiento de los peligros que se pretenden evitar con tales medidas, en relación con:

- Contactos directos, en cualquier tipo de instalación;
- Locales de pública concurrencia;
- Locales con riesgo de incendio o explosión;
- Locales de características especiales;
- Instalaciones con fines especiales;
- Quirófanos y salas de intervención.

6.2 Detecto rave.

Es el que no supone un peligro inmediato para la seguridad de las personas o de los bienes, pero puede serlo al originarse un fallo en la instalación. También se incluye dentro de esta clasificación, el defecto que pueda reducir de modo sustancial la capacidad de utilización de la instalación eléctrica.

Dentro de este grupo y con carácter no exhaustivo, se consideran los siguientes defectos graves:

- Falta de conexiones equipotenciales, cuando éstas fueran requeridas;
- Inexistencia de medidas adecuadas de seguridad contra contactos indirectos;
- Falta de aislamiento de la instalación;
- Falta de protección adecuada contra cortocircuitos y sobrecargas en los conductores, en función de la intensidad máxima admisible en los mismos, de acuerdo con sus características y condiciones de instalación;
- Falta de continuidad de los conductores de protección;
- Valores elevados de resistencia de tierra en relación con las medidas de seguridad adoptadas.
- Defectos en la conexión de los conductores de protección a las masas, cuando estas conexiones fueran preceptivas;
- Sección insuficiente de los conductores de protección;
- Existencia de partes o puntos de la instalación cuya defectuosa ejecución pudiera ser origen de averías o daños;
- Naturaleza o características no adecuadas de los conductores utilizados;
- Falta de sección de los conductores, en relación con las caídas de tensión admisibles para las cargas previstas;
- Falta de identificación de los conductores "neutro" y "de protección";
- Empleo de materiales, aparatos o receptores que no se ajusten a las especificaciones vigentes.
- Ampliaciones o modificaciones de una instalación que no se hubieran tramitado según lo establecido en la ITC-BT 04
- Carencia del número de circuitos mínimos estipulados
- La sucesiva reiteración o acumulación de defectos leves.

6.3 Defecto Leve.

Es todo aquel que no supone peligro para las personas o los bienes, no perturba el funcionamiento de la instalación y en el que la desviación respecto de lo reglamentado no tiene valor significativo para el uso efectivo o el funcionamiento de la instalación.

Anexo 1. Certificado de instalación eléctrica que elabora el Electricista Autorizado

CERTI ICADO DE INSTALACIÓN

Los trámites que antes se hacían para emitir un certificado de instalación era el siguiente: primero, el Instalador solicitaba un talonario de certificados a la Delegación Provincial de Industria. Posteriormente, el Instalador, se dirigían a la sucursal bancaria correspondiente para hacer efectivo el pago oportuno. Finalmente, el Instalador, se dirigía a Industria con el comprobante de pago para recibir los talonarios solicitados. Todos estos trámites, con el nuevo Certificado de Instalación, desaparecen, y es el Instalador Autorizado quien **se hace de sus propios Certificados de Instalación**.

Las asociaciones de pequeños empresarios, para facilitar esta tarea a sus Asociados, ha elaborado talonarios, cada uno de los cuales comprende 25 Certificados autocopiativos por quintuplicado

Cada uno de los cuales se emitirá por quintuplicado y, una vez diligenciadas las copias, la Delegación Provincial devolverá cuatro al instalador autorizado,

- dos para si y
- las otras dos para la propiedad, a fin de que ésta pueda, a su vez, quedarse con una copia y entregar
- la otra a la Compañía eléctrica para poder contratar el suministro.

El Instalador se responsabilizará de su cumplimentación, teniendo en cuenta que en el segundo espacio de **la casilla del N RE ISTRO DE LA INSTALACIÓN** (1), irá un número secuencial de **6 dígitos**, a partir del **000001**, que corresponderá al número total de instalaciones realizadas por el Instalador contadas a partir de la presentación del primer certificado, dicho número no comenzará de 000001 cada año, sino que tendrá continuidad, sólo que en **el tercer espacio de la casilla cambiará el año**.

CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN

Espacio reservado para identificación Corporativa del instalador Autorizado	Nº REGISTRO DE LA INSTALACIÓN (1)	Sello oficial de la Delegación Provincial
	Nº EXPEDIENTE BAJA TENSIÓN (2)	

TITULAR DE LA INSTALACIÓN

Nombre o Razón Social	D.N.I./C.I.F.
Domicilio	Código Postal

Localidad	Provincia	Correo electrónico	Teléfono

DATOS DE LA INSTALACIÓN

Emplazamiento	Número	Bloque	Portal	Escalera	Piso	Puerta

Localidad	Provincia	Código Postal

Tipo de instalación (3)	Uso que se destina	Superficie (m²)

Instalación ☐ Nueva ☐ Ampliación ☐ Modificación

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Caja General de Protección Intensidad Nominal	Línea General de Alimentación	Conductor de línea general de alimentación
	Si ☐ No ☐	Nivel aislamiento .....
	Potencia prevista o intensidad (Kw)	Material aislamiento .....
		Material conductor .....
		Sección fase/neutro/CP conductor (mm²) .....

Derivación individual. Potencia prevista o instalada (Kw)	Conductor de la derivación individual
	Nivel aislamiento .....
Tipo suministro ☐ Monofásico ☐ Trifásico	Material aislamiento .....
Tensión suministro (V) (4)	Material conductor .....
	Sección fase/neutro/CP conductor (mm²) .....

Empresa distribuidora

Protecciones diferenciales instaladas	Protección contra sobreintensidades
Intensidad nominal Sensibilidad (mA)	☐ Interruptor Automático de protección Contra sobrecargas y cortocircuitos ☐ Fusibles calibrados de protección Contra sobrecargas y cortocircuitos

Resistencia puesta a tierra (Ω)	Resistencia de aislamiento de la instalación (MΩ)

VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Director de obra	Titulación	Colegio Oficial	Nº Colegiado

Organismo de Control Autorizado que ha realizado la inspección inicial	Nº Notificación	Referencia y fecha de la inspección inicial favorable realizada

Instalador Autorizado (Empresa) Nº de Registro

Titular de Certificado de Cualificación Individual (CCI)	Nº CCI	Categoría	Básico ☐ Especialista ☐ Modalidad (5)

Observaciones

El titular del certificado de cualificación individual perteneciente a la empresa habilitada como instalador autorizado arriba indicado, Certifica haber ejecutado y verificado la instalación de acuerdo con el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas aprobadas mediante Real Decreto 842/2002, así como con las normas particulares de la Empresa distribuidora oficialmente aprobadas y con la documentación Técnica de la instalación.

En ..... a ..... de ..... de .....

(Firma del titular del CCI y sello del Instalador Autorizado)

INSTRUCCIONES PARA LA CUMPLIMENTACIÓN DEL CERTI ICADO DE INSTALACIÓN EL CTRICA DE BA A TENSIÓN.

1) En el primer espacio se indicará mediante la letra **"A"** si la instalación correspondiente a locales o establecimientos de las características que se relacionan.
   a) Viviendas consideradas de forma individual con potencia prevista o instalada igual o **superior a 50 . sin piscina .**
   b) Instalaciones eléctricas de uso temporal, excluidas las destinadas a obras, con potencia prevista o **instalada interior o igual a 10** .

   Si la instalación no está incluida en la relación anterior se identificará con la letra "B"
   En el segundo espacio se indicará mediante **un n mero secuencial de 6 dígitos el n total de instalaciones realizadas por el instalador contadas a partir de la entrada en vigor de este modelo de certificación.**
   En el tercer espacio se indicará mediante **2 dígitos el año** en que se realizado la instalación

2) El número de expediente de baja tensión **será asignado por la Administración**.

3) Según la clasificación de la tabla del **epígrafe 3.1 de la I.T.C. BT 04**

4) Para suministros monofásicos se indicará la **tensión simple ej. 230 .** para suministros **trifásicos a cuatro hilos** se indicará la **tensión compuesta y simple ej. 400 230 .** Y para suministros **trifásicos a tres hilos se indicará la tensión compuesta por el n mero de fases ej. 3 x 230 . .**

5) Se indicará la modalidad con el siguiente código:
   M 1 Sistema de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.
   M 2 Sistemas de control distribuido.
   M 3 Sistema de supervisión, control y adquisición de datos.
   M 4 Control de procesos.
   M 5 Líneas aéreas o subterráneas para distribución de energía.
   M 6 Locales con riesgo de incendio o explosión.
   M 7 Quirófanos y salas de intervención.
   M 8 Lámparas de descarga en alta tensión, rótulos luminosos y similares.
   M 9 Instalaciones generadoras de baja tensión.

Anexo 2: Memoria técnica de diseño de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión

La Memoria Técnica de Diseño (MTD) se tendrá que presentar con la documentación de cualquier tipo de Instalación Eléctrica de Baja Tensión, siempre que dicha instalación no requiera Proyecto. Si el instalador Autorizado desea quedarse con una copia sellada por Industria, presentará esta Memoria Técnica por duplicado.

Si los espacios destinados al esquema unifilar de la instalación y al plano de emplazamiento no es suficientemente, se podrá realizar en hojas adjuntas.

JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE EMPLEO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
DELEGACIÓN PROVINCIAL EN .....

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN
REGLAMENTO R.D. 842/2002

MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO

EXPEDIENTE	REGISTRO DE LA INSTALACIÓN

A TITULAR

APELLIDOS Y NOMBRE O RAZÓN SOCIAL			DNI/CIF
DOMICILIO Calle o plaza y número			CP
LOCALIDAD	PROVINCIA	TELÉFONO	CORREO ELECTRÓNICO
REPRESENTANTE (Si procede)			DNI

B EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN Y USO AL QUE SE DESTINA

EMPLAZAMIENTO	NÚMERO	BLOQUE	PORTAL	ESCALERA	PISO	PUERTA
LOCALIDAD	PROVINCIA			CÓDIGO POSTAL		
TIPO DE INSTALACIÓN (ITC-BT 04.3.1)	USO AL QUE SE DESTINA				SUPERFICIE (M²)	

INSTALACIÓN ☐ NUEVA ☐ AMPLIACIÓN ☐ MODIFICACIÓN

C IDENTIFICACIÓN LA PERSONA QUE FIRMA LA MTD

☐ MEMORIA REALIZADA POR INSTALADOR ELÉCTRICO AUTORIZADO

NOMBRE		
Nº DE CERTIFICADO DE CUALIFICACIÓN INDIVIDUAL	Nº DE INSTALADOR ELÉCTRICO AUTORIZADO (Empresa)	
DOMICILIO EN CALLE/PLAZA		NÚMERO
LOCALIDAD	C.P.	TELÉFONO

☐ MEMORIA REALIZADA POR TÉCNICO COMPETENTE

NOMBRE		
DOMICILIO EN CALLE/PLAZA		NÚMERO
LOCALIDAD	C.P.	TELÉFONO
COLEGIO OFICIAL		Nº COLEGIADO

En ..... a ..... de ..... de .....
Firma del Instalador Autorizado/Técnico Titulado

(Cuando la MTD, sea firmada por Técnico Titulado, deberá estar sellada por el Colegio Oficial)

D CATEGORÍA Y ESPECIALIDAD DEL INSTALADOR

BÁSICA ☐ ESPECIALISTA ☐

MODALIDAD M1 ☐ M2 ☐ M3 ☐ M4 ☐ M5 ☐ M6 ☐ M7 ☐ M8 ☐ M9 ☐

CONSERJERÍA DE EMPLEO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PÁGINA 1

E	MEMORIA DESCRIPTIVA

E-1 CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN

ACOMETIDA AÉREA ☐	ACOMETIDA SUBTERRÁNEA ☐	MONTAJE SUPERFICIAL ☐	NICHO EN PARED ☐	IDENTIDAD NOMINAL A	INTENSIDAD FUSIBLE A

E-2 LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN

CONDUCTOR DE LA LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN		POTENCIA PREVISTA INSTALADA (Kw)
NIVEL DE AISLAMIENTO	MATERIAL CONDUCTOR	
MATERIAL DE AISLAMIENTO	SECCIÓN fase/neutro/Cp conductor (mm²)	

E-3 CONTADORES

COLOCACIÓN EN FORMA INDIVIDUAL ☐	COLOCACIÓN EN FORMA CONCENTRADA ☐	EN LOCAL ☐	EN ARMARIO ☐	NÚMERO TOTAL DE CONTADORES	INTERRUPTOR GENERAL DE MANIOBRA ☐	INTENSIDAD NOMINAL A

E-4 DERIVACIONES INDIVIDUALES

Describir las derivaciones, agupando las que son idénticas, así comoel nivel de aislameinto, material de aislamiento, material del conductor, secciones de fase, neutro e interruptores de protección

E-5 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

TIPO DE ELECTRODO	LÍNEA DE ENLACE Conductor Sección	RESISTENCIA DE LA TOMA DE TIERRA Ω

E-6 LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES (ITC-BT-30)

TIPO DE LOCAL		DESCRIPCIÓN DEL LOCAL, DEPENDENCIA O EMPLAZAMIENTO CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES
HÚMEDO	☐	
MOJADO	☐	
TEMPERATURA ELEVADA	☐	
MUY BAJA TEMPERATURA	☐	
CON RIESGO DE INCENDIO	☐	
POLVORIENTOS	☐	
CON BATERÍA DE ACUMULADORES	☐	
AFECTOS A UN SERVICIO ELÉCTRICO	☐	

CONSERJERÍA DE EMPLEO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PÁGINA 2

E-7	OTRAS INSTALACIONES				
DE ALUMBRADO EXTERIOR ITC-BT-09	☐	Nº DE LUMINARIAS	TIPO DE LÁMPARAS Y POTENCIA	TIPO DE SOPORTE	POTENCIA PREVISTA
A MUY BAJA TENSIÓN	☐	TIPO (ITC-BT-36)			POTENCIA PREVISTA
RÓTULOS Y TUBOS LUMINOSOS DE DESCARGA	☐	BREVE DESCRIPCIÓN (ITC-BT-44)			POTENCIA PREVISTA
FERIAS Y STANDS	☐	BREVE DESCRIPCIÓN (ITC-BT-34)			POTENCIA PREVISTA
ESTABLECIMIENTOS AGRÍCOLAS Y HORTÍCOLAS	☐	BREVE DESCRIPCIÓN (ITC-BT-35)			POTENCIA PREVISTA
GENERADORAS	☐	BREVE DESCRIPCIÓN (ITC-BT-40)			POTENCIA PREVISTA
EN CARAVANAS Y PARQUES DE CARAVANAS	☐	BREVE DESCRIPCIÓN (ITC-BT-41)			POTENCIA PREVISTA
EN PUERTOS Y MARINAS PARA BARCOS DE RECREO	☐	BREVE DESCRIPCIÓN (ITC-BT-42)			POTENCIA PREVISTA
PARA CALDEO CON CONDUCTORES AISLADOS	☐	BREVE DESCRIPCIÓN (ITC-BT-46)			POTENCIA PREVISTA
PARA BOMBAS DE EXTRACCIÓN O ELEVACIÓN	☐	BREVE DESCRIPCIÓN			POTENCIA PREVISTA
EN LOCALES CON RADIADORES PARA SAUNA	☐	BREVE DESCRIPCIÓN (ITC-BT-50)			POTENCIA PREVISTA
DE SISTEMA DOMÓTICO	☐	BREVE DESCRIPCIÓN (ITC-BT-51)			POTENCIA PREVISTA

F	RELACIÓN DE LOS RECEPTORES QUE SE PREVEE INSTALAR Y SU POTENCIA	
CIRCUITO	DENOMINACIÓN / DESCRIPCIÓN	POTENCIA NOMINAL (KW)

G	CÁLCULO JUSTIFICATIVOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS Y CIRCUITOS
G-1	INSTALACIONES DE ENLACE

Se justificará la línea general de alimentación y la derivación que tenga mayor caída de tensión

PARTE DE LA INSTALACIÓN DE ENLACE	POTENCIA PREVISTA (KW)	LONGITUD (m)	MATERIAL CONDUCTOR SECCIÓN (mm²)	INTENSIDAD ADMISIBLE	CAÍDA DE TENSIÓN u (%)
LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN					
DERIVACIÓN					

CONSERJERÍA DE EMPLEO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PÁGINA 3

G-2	INSTALACIONES INTERIORES: LÍNEAS Y CIRCUITOS

De los circuitos destinados a alumbrado interiores o tomas de corriente sólo se relacionarán los cálculos del circuito de alumbrado y tomas de corriente cuyo cuyo u sea mayor

DENOMINACIÓN/ESQUEMA UNIFILAR /CIRCUITOS	POTENCIA PREVISTA (Kw)	LONGITUD (m)	DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN In (A)	MATERIAL CONDUCTOR /SECCIÓN (mm²)	INTENSIDAD ADMISIBLE IZ (A)	CAÍDA DE TENSIÓN u (%)

H	ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN /DIAGRAMA DE BLOQUES

Cuando la instalación eléctrica tenga más de un cuadro de distribución, o bien no quepse en este espacio el Esquema Unifilar se realizará en hojas u hojas adjuntas a la presente MTD
Cuando la instalación eléctrica tenga más de un cuadro de distribución, se adjuntará un croquis de la planta del establecimiento en donde vendrá claramente indicada la ubicación de todos y cada uno de los cuadros que forman parte de la instalación objeto de la presente MTD

I	PLANO DE EMPLAZAMIENTO Y CROQUIS DE ACCESO

CONSERJERÍA DE EMPLEO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PÁGINA 4

M 1 Sistema de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.
M 2 Sistemas de control distribuido.
M 3 Sistema de supervisión, control y adquisición de datos.
M 4 Control de procesos.
M 5 Líneas aéreas o subterráneas para distribución de energía.
M 6 Locales con riesgo de incendio o explosión.
M 7 Quirófanos y salas de intervención.
M 8 Lámparas de descarga en alta tensión, rótulos luminosos y similares.
M 9 Instalaciones generadoras de baja tensión.

Anexo 3: Manual de instrucciones para el titular de la instalación

MANUAL DE INSTRUCCIONES

Se tendrá que presentar junto con la documentación de cualquier tipo de Instalación Eléctrica de Baja Tensión ante la **Delegación Provincial de Industria**. Ésta la sellará y se devolverá, **para que se entregue al propietario de la instalación**.

En el caso de las viviendas, será suficiente de momento el Manual de Instrucciones y Garantía de las Instalaciones, acompañado del esquema unifilar que corresponda a los dos nuevos grados de electrificación básica y elevada. Para el resto de las instalaciones (locales, naves industriales, provisionales de obra, etc.), será suficiente con las mismas instrucciones de las viviendas, acompañadas del esquema unifilar correspondiente.

Anexo 4: Certificado emitido por la entidad aseguradora

CERTI ICADO EMITIDO POR LA ENTIDAD ASE URADORA

Tan sólo debe ser presentarlo en la Delegación Provincial de Industria **la primera vez**, para que ésta tome nota y lo incluya en su base de datos. A partir de entonces, debe conservarse para cada vez que vuelva a presentar nueva documentación, hasta que le aseguren en Industria que ya lo tienen registrado en su base de datos.

Anexo 5: Instalaciones que serán objeto de inspecciones periódicas

Instalaciones que serán objeto de inspecciones periódicas en función dei uso al que se destinen.

(Si una instalación está comprendida en más de un grupo de los especificados, se aplicará el criterio más exigente de los establecidos para dichos grupos)

VIVIENDAS, LOCALES, OFICINAS (Sin la consideración de publica concurrencia)

Servicios comunes sin riesgos especiales en edificios	Cada 10 años

(Ubicados en edificios cuya potencia total instalada sea superior a 100kW

LOCALES DE PUBLICA CONCURRENCIA, QUIRÓFANOS Y SALAS DE INTERVENCIÓN

Local de pública concurrencia	Cada 5 años
Quirófanos y salas de intervención	Cada 5 años

LOCALES CON RIESGO DE INCENDIO 0 EXPLOSIÓN

Local con riesgo de incendio o explosión de Clase I, excepto garajes	Cada 5 años
Garaje con ventilación forzada Con Nº de plazas mayor o igual de 25	Cada 5 años
Garaje con ventilación natural con Nº plazas > 5 Con Nº de plazas mayor o igual de 25	Cada 5 años

LOCALES MOJADOS, CONDUCTORES AISLADOS CALDEO, PISCINAS Y FUENTES

Local mojado y/o conductores aislados para caldeo, excluyendo las viviendas Pf > 25 kW	Cada 5 años
Piscina y/o fuente Pf > 10 KW	Cada 5 años

INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR

Instalaciones de alumbrado exterior Pf > 5 Kw	Cada 5 años

INDUSTRIAS EN GENERAL

industrias en general Pf > 100 kW	Cada 5 años

El periodo para la realización de las inspecciones periódicas contará a partir de la fecha de la última inspección periódica efectuada o a partir de la fecha de la última comunicación realizada sobre la instalación (por nueva instalación, por ampliación a por modificación de importancia) que hubiera requerido inspección inicial o que obligara a inspecciones periódicas a partir de la comunicación por nueva instalación atendiendo al Reglamento electrotécnico para baja tensión aprobado por Real decreto 842/2002, de 2 de agosto, aun cuando dicha comunicación o inspección periódica se hubiera producido antes del 18 de septiembre de 2003.

Anexo 6: Declaración de que se poseen los medios técnicos

La **declaración de medios técnicos** puede hacerse utilizando para ello el impreso que se adjunta. Aunque de momento no se va a exigir por parte de Industria, se debe de tener preparada para cuando este hecho se produzca.

DECLARACIÓN

D.
Instalador Autorizado en Baja Tensión:
Domicilio:

Declara bajo su responsabilidad que está en posesión de los medios técnicos que la Instrucción Técnica Complementaria ITC-03 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión establece, esto es:

Marca Modelo Nº serie

Categoría Básica

TELURÓMETRO
MEDIDOR DE AISLAMIENTO (según ITC MIE-BT 19)
MULTÍMETRO O TENAZA MEDIDOR DE CORRIENTES DE FUGAS (Rango de medida menor o igual a 1 mA.
DETECTOR DE TENSIÓN (Buscapolos)
ANALIZADO-REGISTRADOR DE POTENCIA Y ENERGÍA
VERIFICADOR SENSIBILIDAD DE DISPARO DIFERENCIALES
VERIFICADOR CONTINUIDAD DE CONDUCTORES
MEDIDOR IMPEDANCIA DE BUCLE
LUXÓMETRO CON EQUIPO AUXILIAR

Categoría Especialista

ANALIZADOR DE REDES, ARMÓNICOS Y PERTURBACIONES DE RED
ELECTRODOS MEDIDA AISLAMIENTO DE SUELOS
COMPROBADOR AISLAMIENTO QUIRÓFANOS
EQUIPO DE MEDIDA MULTIFUNCIÓN (1)

(1) Este tipo de equipo es el que realiza varias funciones o medidas, en este caso se deberá aportar fotocopia del manual del equipo con referencia a las medidas que realiza.

En relación a herramientas y equipo auxiliar para desempeñar trabajos de instalaciones eléctricas declara que se ajustan a la normativa vigente en materia de seguridad.

Y para que conste y surta efectos ante la Delegación Provincial de la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico en la tramitación del Certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión, firma el presente,

En , a de de 2.00

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual
ELECTRICIDAD INDUSTRIAL

Módulo 2

Equipos electrónicos de maniobra y dispositivos de regulación y control

TEMA 1
ALUMBRADO ARTI ICIAL
ELECTROMA NETISMO

Indice

1. La luz 1
2. Color 3
3. Curva de sensibilidad del ojo 4
4. Rapidez de percepción visual 4
5. Fuentes de luz artificial 5
6. Lamparas de filamento incandescente 6
7. Particularidades de las lámparas incandescentes 6
8. Formas de la ampolla 7
9. Acabados 9
10. Casquillos 10
11. Lamparas halogenas 12
12. Lamparas halogenas intercambiables con las incandescentes 15
13. Tubo fluorescente 15
14. Color de emisión de luz de los tubos fluorescentes 16
15. Aplicaciones especiales de los tubos fluorescentes 17
16. Reactancia para tubo fluorescente 19
17. Cebador 19
18. Particularidades fisicas de los tubos fluorescentes 20
19. Lamparas ahorradoras de energia 20
20. Lamparas de descarga 22
21. Lampara de vapor de mercurio 23
22. Lampara de vapor de sodio 26
23. Lampara de luz mixta 29
24. Lampara de descarga de halogenuros metálicos 29
25. Lampara de descarga de xenón 30
26. Nuevas técnicas en la fabricación de lamparas 31
27. Electromagnetismo 33
28. Magnetismo 33
29. Campo magnético 34
30. Acción mutua de los imanes 35
31. Sentido de las lineas de fuerza 36
32. Electromagnetismo producido por una corriente 37
33. Espira 38
34. Solenoide 40
35. Electroimán 41
36. Fuerza magnetomotriz 42
37. Aplicaciones de los electroimanes 42
38. Relé 43
39. Sentido de la f.e.m. ejercida sobre u conductor 44
40. Aplicación de la fuerza magnetomotriz a los motores 44
41. Velocidad eléctrica 45

TEMA 1

ALUMBRADO ARTI ICIAL ELECTROMA NETISMO

1. LA LUZ

Una de las formas de generar ***energía radiante***, capaz de producir sensaciones visuales por medio de los ojos y el cerebro es, **la luz**.

Las investigaciones científicas, han revelado que, **la luz**, se mueve a través del espacio **bajo forma de *ondas electromagnéticas***, semejantes por su velocidad (**300.000 ilómetros por segundo**) y su naturaleza a las ondas de radio y otras ondas electromagnéticas (figura 1); pero diferentes por su longitud de onda.

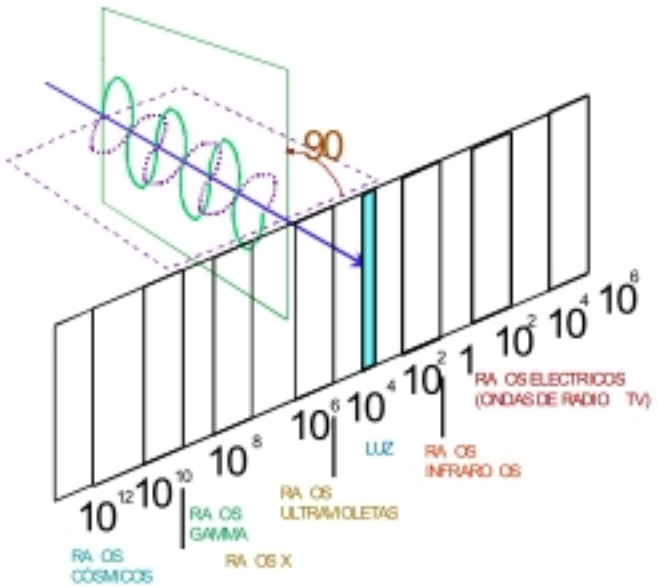


Figura 1 ESPECTRO DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

La radiación de luz es la unión de dos planos superpuestos, que están desplazados 90 , transmitiéndose en línea recta

Las **ondas luminosas viajan en líneas rectas**, pero pueden ser modificadas (figura 2) por medio de ***reflexión***, ***refracción*** o ***difusión***.

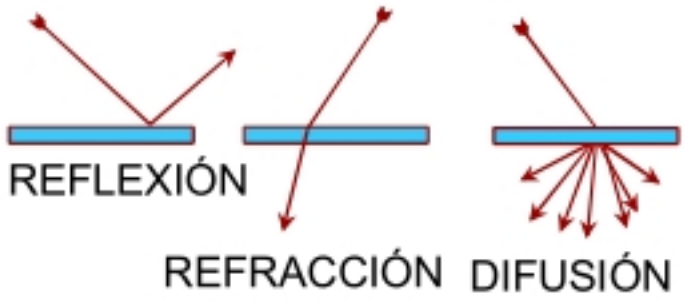


Figura 2 MODIFICACIÓN DEL RA O DE LUZ

Las ondas luminosas del espectro visible y cualquiera que sea su longitud, viajan con la misma velocidad a través del espacio, pero ***en un ambiente transparente los rayos azules viajan más lentamente que los rayos rojos***. Lo que explica el porqué de la descomposición en sus colores componentes, de un rayo de **luz**, por la acción de un prisma.

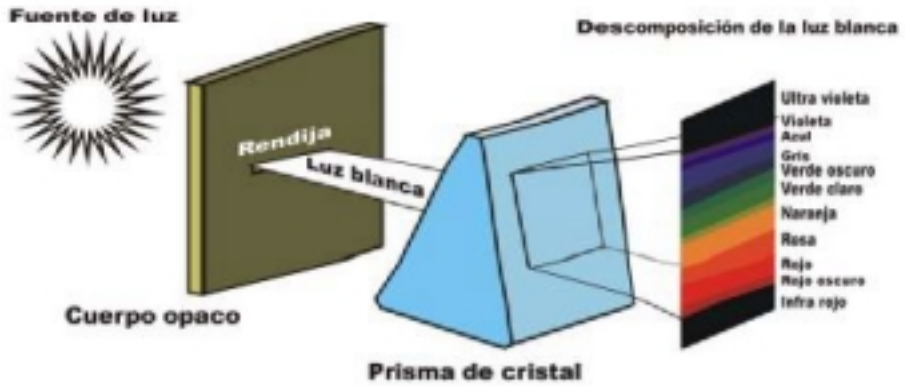


Figura 3 DESCOMPOSICIÓN DE LA LUZ BLANCA AL CRUZAR UN PRISMA

2. COLOR

El **color** depende de la longitud de onda de luz. El espectro visible se extiende de **7600 Angstr m** (*rojo*) a **3800 Angstr m** (*violeta*) (figura 5). **Entre estos límites se hallan las longitudes de onda que el ojo distingue.**

La ***temperatura de color*** es un término empleado para describir el **color** de una fuente de luz ***por comparación con el color de un cuerpo negro radiador***. Un cuerpo negro cambia de color al cambiar de temperatura, y se expresa esta temperatura en **grados elvin**, una escala de temperatura que tiene su cero a **273 Centígrados**.

Por ejemplo; la luz de un tubo fluorescente color *blanco* es similar a ***la luz de un cuerpo negro a la temperatura de 3500º K.***, y, por tanto, se dice que el tubo tiene un *color de* ***3500º K***. La luz de un tubo fluorescente *luz de día* es más azulada, y para igualar la temperatura del cuerpo negro tendrá que ser más elevada. El tubo luz de día tiene un color de **6500** .

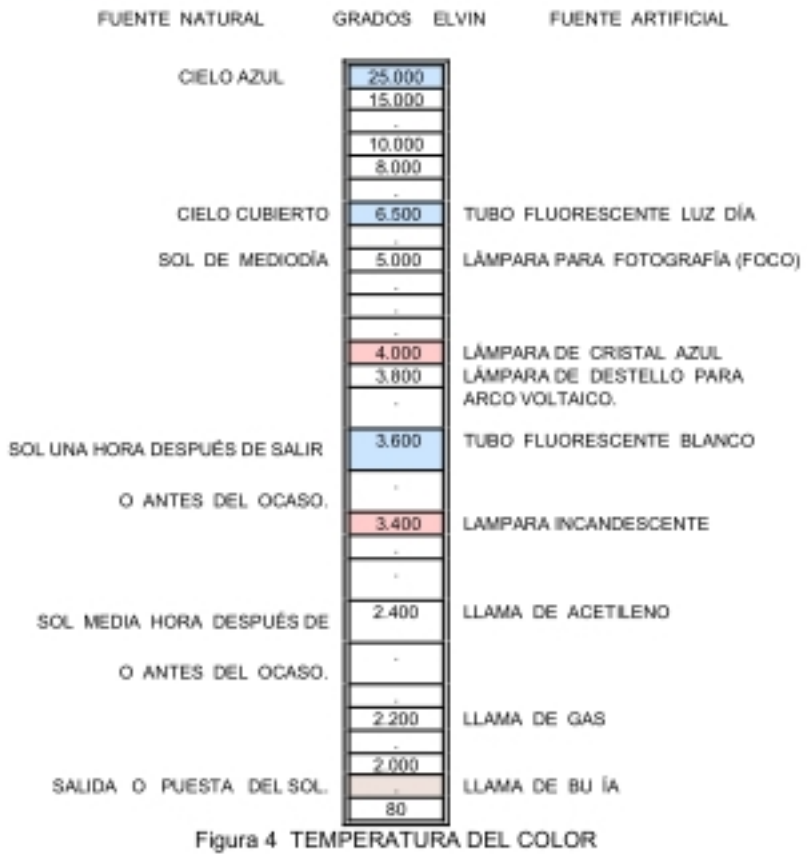


Figura 4 TEMPERATURA DEL COLOR

3. CUR A DE SENSIBILIDAD DEL O O

Los colores del espectro luminoso no llegan con igual intensidad al ojo de los animales que a los seres humanos, refiriéndonos a las personas, los experimentos demuestran que el brillo de una luz de onda de **5500 Angstr m tiene una percepción del 100** mientras que **el color violeta de 4000 Angstr m** así como **el rojo de 7000 Angstr m su percepción es nula el 0** , con estos datos se ha podido establecer la curva de la figura 5

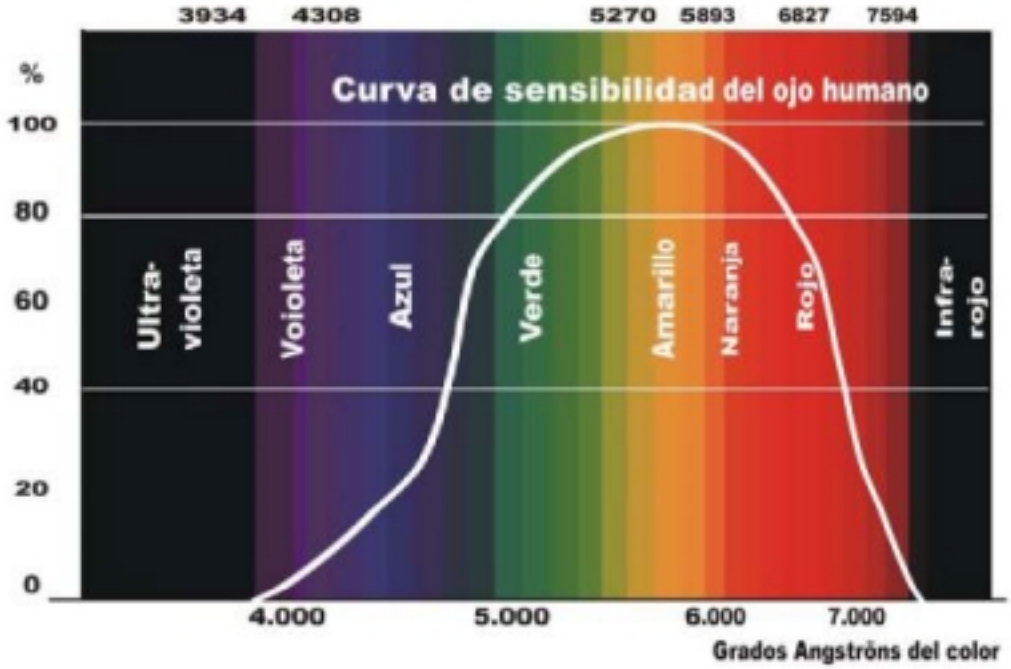


Figura 5 CURVA DE VISIBILIDAD DE O O HUMANO

Sin embargo, en las aplicaciones prácticas de alumbrado el efecto psicológico de la **luz de color *puede influir en el individuo*** y en algunas ocasiones será más conveniente emplear colores menos pronunciados aunque disminuya la agudeza visual.

4. RAPIDEZ DE PERCEPCIÓN ISUAL

El ojo no responde instantáneamente al estímulo de la luz, y la **percepción visual no es inmediata**. Por lo tanto; si se expone el ojo a una fuente de luz que varía rápidamente de intensidad, ***la persistencia* de la percepción visual** en algunos casos ***impide descubrir la vacilación***; este caso ocurre en el cine y la televisión.

Fluctuaciones más lentas, sin embargo, ***puede molestar y fatigar* en algunos casos**, aun cuando existe una tendencia por parte del observador de acostumbrarse a este fenómeno ***sin ocasionar daño permanente en los ojos***.

La **variación a *la frecuencia de 50 ciclos* por segundo no la percibe el ojo** y en apariencia *no produce variación en la luminosidad en las lámparas incandescentes*; pero, *en la de descarga gaseosa y* ***los tubos fluorescentes producen cierta vacilación o parpadeo llamado efecto estroboscópico***. Para algunas tareas, ***con objetos en movimiento, este efecto puede ser molesto y es necesario corregirlo.***

Para ver un objeto, hay que producir sobre la retina del ojo una imagen en miniatura con todos los detalles y esto depende al menos de cuatro factores fundamentales:

El tiempo (tiempo que el ojo está fijo sobre el objeto)

El tamaño (cuanto más grande, más fácil de verlo)

El contraste (diferencia entre el objeto y su entorno)

El brillo (depende de la luz que incide sobre el objeto)

De todos ellos ***el brillo es el más fácilmente controlado por el luminotécnico***.

5. UENTES DE LUZ ARTI ICIAL

La gran lucha del hombre contra los elementos ha sido el **poder mantener la luz cuando el sol desaparece en el horizonte.**

Para convencernos de esto basta con recordar que a principio del siglo XIX, casi no existía otra fuente de luz artificial que **la vela de cera**. Castillos, iglesias, palacios y viviendas se alumbraban con velas de cera.

Finalizando el siglo XIX se descubrieron **las primeras lámparas incandescentes**, en los Estados Unidos de América del Norte, T. Edison, no sólo descubrió la lámpara sino que también tuvo que demostrar, iluminando él mismo una pequeña ciudad, que el alumbrado eléctrico era mucho mejor que el de **los faroles de gas**.

Pero en Europa no llegó hasta la exposición Universal de París, hecho que le valió a la Capital de Francia, el sobrenombre de **ciudad de la luz**, ya que por primera vez se iluminó toda una gran ciudad y sus monumentos con luz eléctrica. **Más tarde los movimientos culturales de la época extenderían este concepto a lo cultural**, lo cual no contradice del primer concepto.

6. LÁMPARAS DE ILAMENTO INCANDESCENTE

La **incandescencia es el fenómeno que se observa al someter un cuerpo al aumento de temperatura hasta el punto que desprenda luz**. En esto momento se dice que le cuerpo está **incandescente**, superado este instante el cuerpo se funde y volatiliza con desprendimiento de llama.

Evitar que el cuerpo se funda y mantenerlo en este instante de **incandescencia** es lo que descubrió Edison. Para ello encerró dentro de una ampolla de vidrio un filamento de carbón **y extrajo el aire del interior. Al no existir oxígeno el filamento no se fundía**, la cantidad de luz emitida por estas lámparas era suficiente para iluminar su entorno, si bien el rendimiento de estas primeras lámparas era bajo.

En **1907** se adoptó el **filamento de volframio**, y al tiempo que se hace el vacío en el interior de la ampolla se introduce un gas noble, que permite una corriente refrigerante que enfrían el filamento, alargando su vida y permitiendo temperaturas que sobrepasan los **3.000 C**

7. PARTICULARIDADES DE LA LÁMPARA INCANDESCENTE

La vida media de la lámpara incandescente es de

1.000 horas de funcionamiento.

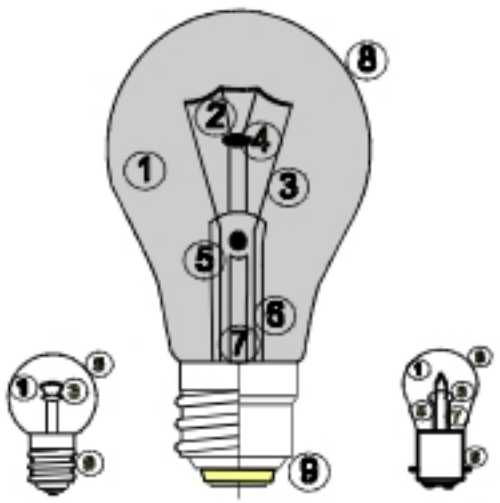


Figura 6 COMPONENTES DE LA LÁMPARA INCANDESCENTE

Las partes principales de una lámpara pueden verse en la figura 6 en la que:

1. Gas para evitar la evaporación del filamento
2. Soportes del filamento
3. Hilos de conexión del filamento con el casquillo
4. Botón de vidrio que sirve de base a los soportes
5. Base de vidrio por la que se introduce las conexiones
6. Fusible, dentro de la base de vidrio
7. Tubo de evacuación del aire d Cuarzo yodo sin patillas durante la fabricación
8. Ampolla
9. Casquillo

8. ORMAS DE LA AMPOLLA

La figura 7 muestra gráficamente las formas más usuales de lámparas incandescentes, cuya denominación es la siguiente:

1 Estándar 2 Hongo 3 Con reflector dicroico de cuarzo yodo 4 Seta 5 Espejada (Cebolla) 6 Globo

7 Esférica 8 Pebetero 9 Tubular 10 Tubo 11 Cuadrada 12 Vela 13 Vela rizada 14 Cónica

15 Linterna 16 De gota de lente 17 Piloto 18 Micro lámpara sin casquillo 19 Sofito 20 Softone dos casquillos 21 Softone un casquillo central 22 Portalámpara Softone

23 Lámpara lineal cuarzo yodo larga 25 Lámpara lineal cuarzo yodo corta 24 Lámpara lineal cuarzo yodo con latiguillos

26 Lámpara cuarzo iodo con reflector dicroico 27 Cuarzo iodo sin patillas 28 bi pin

29 Cuarzo yodo intercambiable 30 Cuarzo yodo intercambiable tubular 31 Par de vidrio prensado 32 Cónica de bajo voltaje

Figura 7 DISTINTAS FORMAS DE LA AMPOLLA

9. ACABADOS

Las ampollas se fabrican con distintos acabados, según convenga para obtener un determinado efecto luminoso.

Hoy día entre *formas*, **acabados**, *potencias* y *voltajes* existen en el mercado más de **40.000** tipos distintos de lámparas.

Los principales acabados son:

1. **Clara o Standard**
2. Con casquete plateado
3. Coloreado superficial
4. Coloreado natural o azules
5. **Mate interior**
6. Con reflector incorporado
7. De vidrio prensado
   con haz de luz concentrado
   con haz de luz abierto

Figura 8 ACABADOS DE LÁMPARAS

10. CAS UILLOS

En un principio y hasta no hace muchos años, tan sólo existían dos grupos, los de rosca y los de bayoneta; los de bayonetas se aplican a todos los lugares sometido a vibración que puede hacer, que por el efecto del movimiento, se desenrosque la lámpara. En los demás casos se emplean los de rosca, de este último sólo existían tres medidas:

E. el de **rosca Edison**

que era **el más com n**, por encima de este habia un tipo mayor

G. con rosca **oliat**,

para lámparas de 300 vatios o de **consumo superior**

M. rosca miñón (mignon).

el de menor tamaño, que se empleaba en lámparas **en forma de vela**

E **M**

Figura 9 CAS UILLOS

La gama actual de casquillos es enorme, sobrepasando el centenar. Dividiéndolo por grupos existen:

Casquillos roscados: Sólo indican tres:

los de las lámparas de vela **E 14**, denominados **anteriormente miñón**.

el casquillo **E 27**, **antes de rosca Edison**.

y el casquillo **E 40**, que **antes se llamaba oliat**.

Existiendo un total de **nueve medidas distintas del diámetro de rosca**.

Casquillos de bayoneta: El similar a la:

rosca E 14 es la bayoneta **B 15**

la forma más corriente de la ampolla de este casquillo es la de vela pero no la única.

rosca E 27 es la bayoneta **B 22**

llamada también forma estándar por ser la más común de todas las lámparas que hay en el mercado

rosca E 40 es la bayoneta **BA 42**

para lámpara de más de 300 vatios de consumo

Casquillos de bayoneta para automóviles:

De uno y **dos filamentos**, con prefocus o simples, **de dos** y también **con tres tetones**, se suele encontrar en el mercado por lote de recambio en cajas adecuadas (figura 10)

Figura 10 LÁMPARAS DE AUTOMÓVIL

Casquillos con terminales de cable,

de espigas,

y sin casquillos,

son todas ellas **lámparas especiales** que sólo son aplicables a un sólo tipo de máquina y que se fabrican exclusivamente para ella, incluso dándose a veces, el caso que tan sólo la construye un sólo fabricante.

Figura 11 LÁMPARAS SIN CAS UILLOS

11. LÁMPARAS DE HALÓ ENAS

Son lámparas **de filamento incandescente**, a las que le han incorporado, además del nitrógeno y el argón, gases halógenos de yodo y bromo; lo que da lugar a un fenómeno llamado **ciclo del halógeno** , que consiste éste en la combinación con los átomos del tungsteno o volframio desprendido del filamento que se depositan en los puntos más calientes del filamento, con lo que se **autorregenera el filamento constantemente**, resultando una **mayor vida de la lámpara**. Para que esta reacción se produzca hace falta una elevada temperatura del filamento y que las paredes del bulbo se encuentren lo más cerca posible de éste.

Por estas razones, el filamento se construye con una gran pureza y regularidad en el diámetro, y **el cristal utilizado cuarzo**, que resiste temperaturas de **650 C**.

El portalámpara está sometido a una alta temperatura, por lo que se construyen de cerámica y los conductores con revestimiento anticalórico.

entajas

Reducido tamaño

Menor consumo para una misma cantidad de luz

Temperatura del color alta 3.000

Mayor duración (**3.000** a **5.000** horas), las sobretensiones y una ventilación inadecuada acortan en mucho este promedio de vida.

Inconvenientes

No pueden ser tocadas con los dedos, la grasa de estos reaccionan con el cuarzo a altas temperaturas y se cuartean (deben de colocarse sin quitar el papel envolvente, y una vez colocada quitar el papel de protección, no antes)

La elevada temperatura produce que su entorno deba ser protegido de contactos accidentales, y **los conductores protegidos con fundas anticalóricas**.

La alta luminiscencia, **produce deslumbramientos** si los ángulos de visión no son los adecuados.

La mayoría de estas lámparas **funcionan a pequeñas tensiones**, por lo que es preciso utilizar trasformadores.

Producen una importante **radiación ultravioleta**, por lo que **no deben ser utilizas para iluminar seres vivos como animales o plantas**, a no ser que utilicen filtros adecuados, ya sea incorporado en la envolvente de la lámpara, o en la luminaria que la he de contener.

Utilización

En un principio, se utilizaron para producir **una gran potencia de luz**, con consumos de **300**, **500**, **1.000** y **1.500** , por lo que se utilizan en proyectores, fotografía y teatro. Hoy día, también se utilizan como sustitución de las lámparas normales de incandescencia, en consumo muy bajo, de **30**, **40** y **50** y de muy diversas formas, incluso de vela, con reflector incorporado (figura 12), sin él (figura 13), de mayor o menor diámetro, con apertura de **has de luz que oscila entre los 3 y los 30**

Una de las innovaciones que más repercusión ha tenido en el alumbrado moderno de interiores, ha sido la unión de la lámpara halógena y el reflector de vidrio con revestimiento de capa fina dicroica (**esta capa refleja la luz blanca hacia delante y deja pasar luz ultravioleta hacia atrás**).

Figura 12 LÁMPARA HALÓGENA DICROICA

El voltaje de funcionamiento más común es **12 voltios** pero también se fabrica en **13 8**, **8**, y **30 voltios**

Figura 13 LÁMPARA HALOGENA BI PIN

El tamaño de **lámparas bi pin** oscila entre **25** y **60 mm** de largo incluyendo los contactos, el filamento puede estar en posición axial, o transversal; y el cristal de cuarzo puede ser transparente u opaco. (En el lenguaje coloquial se suele eliminar el prefijo Bi y se las denominan simplemente lámparas **pin**)

Figura 14 LÁMPARA HALÓGENA LINEAL

Las lámparas halógenas de cuarzo yodo lineal tienen posición de funcionamiento, deben trabajar **en posición horizontal**, con un **ángulo máximo de inclinación de 15 C**

12. LÁMPARA HALÓ ENA INTERCAMBIABLE CON LAS INCANDESCENTES

Son halógenas con una doble envoltura de cristal normal, lo que permite manejarla igual que una lámpara normal **con casquillo E 27, E 14 incluso E 40**, todas al voltaje normal de 220 230 V; pero, **sin olvidar el mayor calor que produce**. Por tanto, no se puede colocar en el mismo lugar que ocupe una lámpara normal, a no ser que esté bien ventilada, y de que el plástico no forme parte de la luminaria.

Figura 15 DIVERSAS LÁMPARAS HALÓGENAS INTERCAMBIABLES CON LAS NORMALES

13. TUBO LUORESCENTE.

Presentado en la Feria de Nueva or de **1939** no se introdujeron en Europa hasta **1945**, ya terminada la II Guerra Mundial.

La figura 16 muestra qué es un montaje de lámpara fluorescente. En líneas generales, consta de un tubo de vidrio de calidad especial herméticamente cerrado, en el que previamente se ha hecho el vacío, sin el cual no puede funcionar la lámpara.

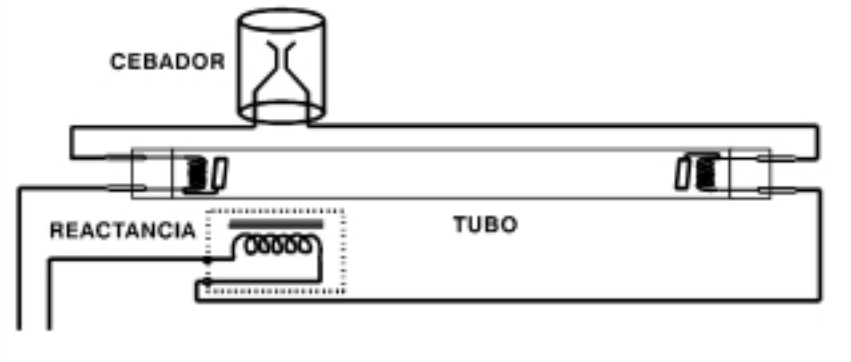


Figura 16 TUBO FLUORESCENTE

Cada extremo del tubo lleva montado un filamento. La pared interior del tubo va revestida con una capa de un compuesto químico fluorescente. En el interior del tubo se introduce cierta cantidad de **gas argón** y una pequeña cantidad de **mercurio**.

Los dos filamentos, colocados en ambos extremos del tubo, **están recubierto de una substancia que por la acción del calor emiten con facilidad electrones**. Delante del filamento se coloca una pantalla, conectada eléctricamente con el filamento: esto hace que, un filamento actúe como un cátodo; y el otro, como un ánodo; **los electrones que son desprendidos del cátodo son atraídos por el ánodo produciendo un arco eléctrico**. Este arco, se ve favorecido por la presencia del gas argón; la descarga inicial, se produce gracia a la presencia de este gas. Esta primera descarga, **produce el calor suficiente para vaporizar rápidamente el mercurio**; lo que sirve para mantener el arco; al mismo tiempo, **el vapor de mercurio por el choque de los electrones se vuelve luminiscente**.

14. COLOR DE EMISIÓN DE LUZ DE LOS TUBOS LUORESCENTES

La descarga eléctrica produce principalmente **rayos ultravioletas y algo de radiaciones visibles verdes y azules**. La misión del compuesto químico con que se recubren las paredes del tubo es la de absorber la radiación que se produce por la evaporación del mercurio y convertirla en luz. Gracias a las mezclas de polvos de fósforos, se obtiene el matiz deseado.

Los colores comerciales más comunes son:

Blanco cálido **Luz día** (el más utilizado)

Sin que estos sean los únicos colores que se utilizan para iluminación, pues también se usa, el:

Blanco de lujo Blanco cálido de lujo Luz diurna fría

También se fabrican para obtener efectos decorativos como son:

Rojo Verde Rosa Azul Oro Amarillo

Figura 17 TUBO FLUORESCENTE 1 NORMAL DE 26 MM, 2 DE 18 MM

15. APLICACIONES ESPECIALES DE LOS TUBOS LUORESCENTES

Aparte de los indicados existe una gran variedad de fluorescentes, para usos especiales, destinadas no a producir colores; para decoración, o para la iluminación; si no, **para producir radiaciones**, con el objeto de aplicar esta propiedad en efectos tales como:

el **crecimiento de las plantas**, especialmente para plantas de acuario; son los

Tubos **ro lux**

Los

Tubos de luz negra

para producir **radiaciones ultravioleta**, con vidrio color azul oscuro, dando efectos luminiscentes de aplicación en discotecas, análisis y detección, industria azucarera textiles y alimentación, filatelia, mineralogía, banca, criminología y medicina.

Figura 18 TUBO LUZ NEGRA

Figura 19 BILLETE ILUMINADO CON LUZ ULTRAVIOLETA

Las

Lámparas germicidas

para la **destrucción de bacterias** y mohos, empleada **en el conducto del aire acondicionado**; se hace de forma que sus rayos no puedan ser emitidos al exterior, ya que una exposición prolongada puede ser perjudicial y producir conjuntivitis o eritemas en la piel. Se utiliza mucho en hospitales, cámaras frigoríficas, almacenes de queso, industria farmacéuticas, lecherías, destilerías de cerveza y centros de investigaciones bacteriológicas.

También se fabrican lámparas fluorescentes **sin filamento de caldeo**, llamadas de **cátodo frio** tienen un sólo tetón por extremo del tubo en lugar de los dos que tienen los tubos de cátodo caliente (figura 20).

Figura 20 TUBO DE CÁTODO FRÍO

Otras terminaciones son los **tubos circulares** y los **de forma de U**

Figura 21 DIVERSAS FORMAS DE TUBOS FLUORESCENTES

16. REACTANCIA PARA TUBO LUORESCENTE

No es más que un carrete de hilo de cobre, o aluminio, devanado sobre un núcleo de hierro, de construcción en forma particular. La finalidad de la reactancia es triple.

Primero calienta los electrodos de la lámpara hasta que pueda iniciarse la emisión de electrones.

Segundo **proporcionar una tensión suficientemente alta** para que se produzca el arco entre los electrodos.

Tercero **estabilizar la corriente y potencia de la lámpara** a los valores previstos por el fabricante.

NOTA: De aquí que en los tubos fluorescentes no se especifique la tensión de trabajo, es la reactancia la que se fabrica de distintos voltajes de red, sirviendo el tubo lo mismo para un voltaje de línea que para otro, ya que es la reactancia, la que regula la tensión de trabajo del tubo fluorescente.

Figura 22 DIVERSOS ASPECTOS DE REACTANCIAS

17. CEBADOR

Su misión es producir el arranque del primer arco dentro del tubo, el cual se origina por la combinación del efecto que se produce en la reactancia cuando el **cebador** interrumpe bruscamente el paso de la corriente por los filamentos de caldeo. (En la figura 16 se ve como, el cebador está conectado en serie con los dos filamentos)

Figura 23 CEBADORES

Al interrumpirse el paso de la corriente a través del cebador, la tensión entre los extremos del tubo se eleva, gracias al efecto de la reactancia, y salta el arco entre ambos electrodos. Inmediatamente que se enciende la reactancia disminuye la tensión del tubo un **50** , y el cebador deja de actuar, quedando fuera de servicio. Para comprobar esto basta con aflojar el cebador de modo que dejado fuera del circuito, el tubo continuará funcionando sin variación; pero, si se apaga no volverá a encender hasta que no coloquemos de nuevo el cebador.

18. PARTICULARIDADES ÍSICAS DE LOS TUBOS LUORESCENTES

La vida media de un tubo fluorescente, es doble de la lámpara incandescente, es decir:

2.000 horas de funcionamiento,

pero, esta se acorta notablemente cuando los apagados y encendidos son muy frecuentes. Si un tubo fluorescente se conecta con un dispositivo intermitente de apagado y encendido continuo el tubo de funde en muy pocos minutos.

La temperatura exterior les afecta, por lo que no se aconseja su uso en alumbrado público

19. LÁMPARAS AHORRADORAS DE ENER ÍA

En la actualidad se fabrican tubos fluorescentes de pequeño consumo, en forma de lámpara, en los que la reactancia y el cebador están integrados dentro del conjunto y dispone de una rosca E 27 y aún E 14; con lo que nada más que hace falta enroscarla en el portalámpara en sustitución de la lámpara incandescente. La cantidad de luz de un tubo fluorescente de **7 es similar al de una lámpara de 60 , y su vida media es mayor**; de aquí, el nombre que se les han dado a este tipo de lampara. La forma comercial puede ser cualquiera de las representadas en al figura 25.

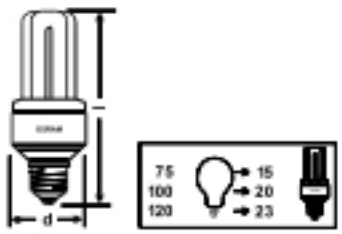


Figura 24 COMPARACIÓN DEL GASTO CON LA CANTIDAD DE LUZ

Figura 25 LÁMPARAS AHORRADORAS DE ENERGÍA

En la actualidad la electrónica se ha aplicado al encendido de los tubos fluorescentes siendo posibles algo que antes no se podía, como conectar los tubos a la corriente continua, incluso a pequeñas tensiones. La reactancia ya no existe en las lámparas de ahorro de energía. La electrónica también se aplica para disminuir la cantidad de iluminación mediante reguladores. Este tipo de reactancias (llamadas balastros), se muestran en la figura 26, suelen ser mucho más largas que las reactancias normales y el peso casi insignificante sorprenden, pues se ha eliminado el hierro.

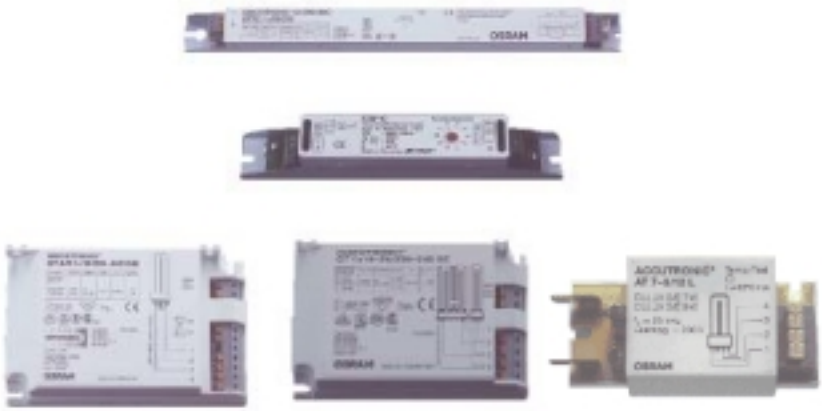
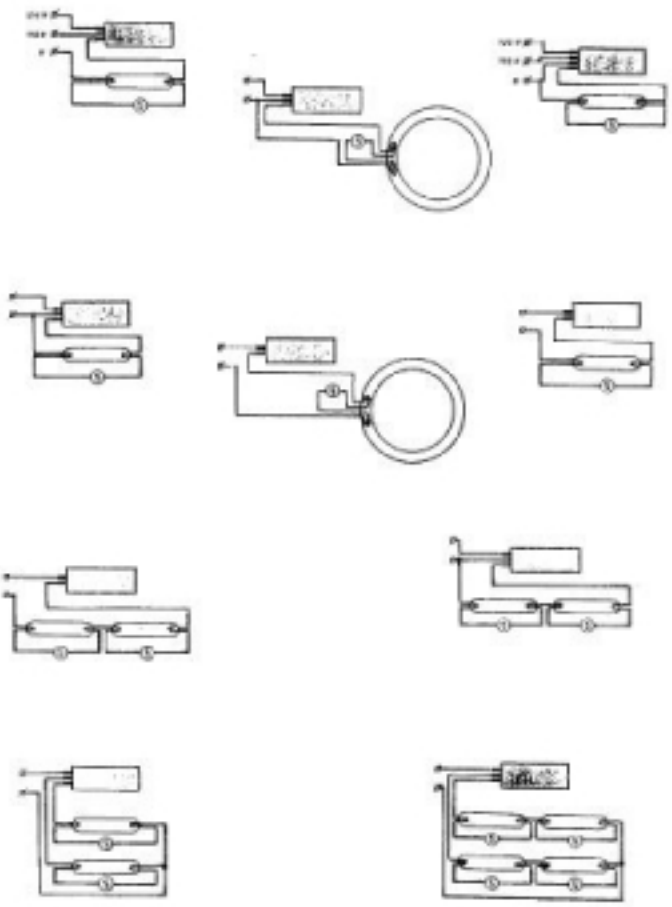


Figura 26 DIVERSAS REACTANCIAS ELECTRÓNICA PARA TUBOS FLUORESCENTES

Esquemas de conexionado: En todas las reactancias sea convencional o electrónica viene pintado el esquema de conexión. En la figura 26, se ven estos esquemas algo confuso y en la figura 27, puede observarse incluso reactancias para más de un tubo a la vez.



27. DIVERSOS ES UEMAS DE TUBOS FLUORESCENTES

20. LÁMPARAS DE DESCAR A

En la lámpara de incandescencia se originan unas **pérdidas de energía de un 90 aproximadamente**, aprovechándose en luz únicamente el resto. Esto es debido a la radiación por temperatura, base de estas lámparas; se obtiene espectro continuos, con radiaciones que no son útiles a la visión.

Constan de un quemador, en forma alargada, rellena de gases eléctricamente neutros, como el argón, neón, xenón y el nitrógeno, dentro del cual se produce, al aplicarle la tensión adecuada, una ionización de la mezcla gaseosa, **vaporizándose el mercurio y dando inicio a la descarga eléctrica entre cátodos**. Esta descarga en forma de arco, produce luz de una intensidad mucho mayor que la incandescencia.

Todo **el proceso de arranque**, también llamado cebado de la lámpara o encendido, **suele durar de tres a cinco minutos**, alcanzando su funcionamiento estable entre 5 y 6 minutos.

El quemador está encerrado dentro de una ampolla de cristal transparente, o tratado interiormente con materias fluorescentes, los extremos del quemador unidos con láminas de molibdeno, al casquillo de rosca E 27 o bien E 40, facilita el recambio.

Las lámparas de descarga al no tener filamentos **no se funden**, tan sólo se agotan, siendo **la vida til de estas es de**

6.000 horas de funcionamiento.

la relación, **vatios consumido luz radiada**, mucho mayor que la de las lámparas de filamento. No obstante la enorme ventaja que proporcionan esta lámpara, **sin embargo no está hecha para sustituir a las lámparas incandescentes que siguen teniendo su campo de aplicación propio**. Las lámparas de descarga **están diseñadas para alumbrado de grandes espacios abiertos**, especialmente para alumbrado de carreteras, jardines, aparcamientos.

21. LÁMPARAS DE APOR DE MERCURIO M

Existen tres tipos: **las estándar**, la **de color corregido** y **las reflectoras**.

El quemador al iniciar el encendido, hace aumentar la tensión entre los bornes de la lámpara, por la acción de la descarga y el aumento de la temperatura. Esta tensión podría aumentar de forma indefinida la cantidad de corriente, que conduciría casi de inmediato a la destrucción de la lámpara. Para impedir este inconveniente se coloca, **en serie con la lámpara una reactancia del valor adecuado a la potencia** de cada lámpara. **El uso de reactancia obliga a su vez a utilizar condensadores correctores del factor de potencia**, adecuado a cada tipo de lámpara.

LÁMPARA M ESTÁNDAR

La emisión del quemador de vapor de mercurio emite una considerable cantidad de ultravioleta, recubriendo la ampolla con fósforo, se consigue convertir en luz visible el arco del quemador. Sin embargo, **el color resultante deja mucho que desear por lo que se limita el uso de estas lámparas a grandes espacios en los que no es preciso un alto nivel cromático**

LÁMPARA M CC

Recubriendo el interior de la ampolla con materias fluorescentes, como el **fluorogermanato de magnesio** se convierte la luz ultravioleta en **luz visible muy agradable de color permanentemente blanco y de gran eficacia para la visión**, aunque el rendimiento luminoso sea un 2 5 menor. Estas lámparas reciben el nombre de **vapor de mercurio de color corregido M CC**

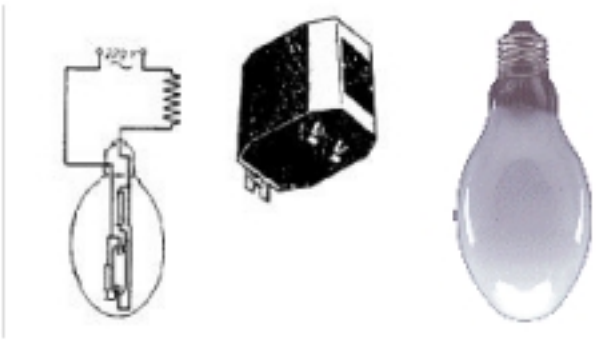


Figura 28 LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO REACTANCIA

LÁMPARA M reflectora

Diseñadas para proyectar direccionalmente la luz a lugares concretos, **presentan forma de hongo figura 29** , su construcción y funcionamiento es igual a las de **M**, con la diferencia del cristal, transparente en la parte frontal o mate, para difuminar la luz; **la parte trasera es un reflector de capas de dióxido de titanio**, sobre la que se deposita sustancias fluorescentes que aumentan el rendimiento lumínico a **4.000** .

La vida media de estas lámparas es superior a sus homólogas de vapor de mercurio, llegando a las **9.000 horas de funcionamiento**.

Se fabrican **todas con casquillo E 40.**

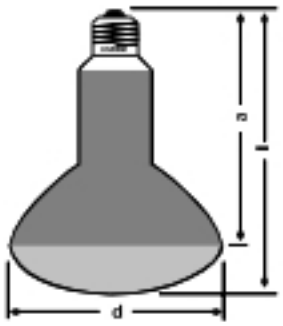


Figura 29 LÁMPARA DE VM CON REFLECTOR

Potencia en lámparas de M

Estándar

E 27: 50, 80 y 125

Condensador: 7, 8 y 10 F

E 40: 250, 400, 700 y 1.000

Condensador: 18, 25, 40 y 60 F

Color corregido

E 27: 50, 80 y 125

Condensador: 7, 8 y 10 F

E 40: 250 y 400

Condensador: 18 y 25, F

Con reflector

E 40: 250, 400, 700 y 1.000

Condensador: 18, 25, 40 y 60 F

Reactancia en lámparas de descarga

Todas las lámparas de Vapor de Mercurio y Vapor de Sodio, necesitan un equipo auxiliar para limitar la corriente que circula por el circuito, siendo las características de esta reactancia adecuadas a la lámpara.

Por otro lado como son lámparas de alumbrado público la reactancia han de ir protegidas contra los agentes atmosféricos como la lluvia, la nieve o el sol, y contra golpes.

En la figura 28 se aprecia la forma física que presenta este tipo de reactancias.

22. LÁMPARA DE APOR DE SODIO

Existen dos tipos las de **baja presión** y las de **alta presión**

Lámpara de vapor de sodio de baja presión

Consta de **un tubo doblado en forma de horquilla**, que lleva una serie de resaltes o cavidades, dispuestas a todo lo largo del tubo, **para que en ellas de deposite una vez enfriado el gas en estas cavidades** que son las partes más frías del tubo. De esta forma, el material está listo para una nueva ionización al reencender la lámpara.

El tubo se llena de una mezcla de **neón y argón además de una pequeña cantidad de sodio.** En los finales del tubo, como ésta **es una lámpara de cátodo caliente**, se insertan unos cátodos caliente, se insertas unos electrodos de **triple espiral de tungsteno**, con intersticios rellenos de un emisor de electrones, como el óxido de torio.

En la figura 30 puede verse el tubo interior en forma de horquilla con sus protuberancias de distribución de sodio.

Figura 30 LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO DE BA A PRESIÓN

Para el arranque de la lámpara se precisa una tensión elevada, **entre los 350 y 400 de forma que hace falta un transformador en la alimentación**. Este tipo de transformador **recibe el nombre de reactancias de fugas**, ya que **una vez encendido act a como una reactancia** que controla la corriente del arco.

Durante el proceso de arranque, el neón y el argón reaccionan y comienza el encendido con **un tono de luz rojizo**, **luego el gas de sodio entra en resonancia y se inicia un cambio de color al naranja** que poco a poco pasa a ser el color dominente, todo el proceso **suele durar unos diez minutos**, dependiendo de la temperatura ambiente

Finalmente cuando la lámpara se encuentra la 100 de su rendimiento, **la luz desprendida tiene un color amarillo naranja que es precisamente el color que mejor distingue el ojo humano**, por lo que la visión de lo que los volúmenes que estén iluminados con este tipo de luz se distinguen mucho mejor que si estuvieran iluminados con luz blanca. Aunque **bajo esta luz no se aprecia las diferencias de colores**, las **masas y vol menes si aparecen con más nitidez**, aunque se puedan confundir los colores.

El **rendimiento luminoso es similar al de tres lámparas de vapor de mercurio de la misma potencia**, o al de **quince lámparas incandescentes de los mismos vatios**.

Se usan **casi exclusivamente en cruces de carreteras autopistas t neles puertos muelles almacenes al aire libre balizamiento de aeropuertos canteras y minas**, donde los colores no revisten mayor importancia, pero sí los detalles.

La **potencia que consumen es relativamente baja**, sin embargo, **las dimensiones de la lámpara son bastante importantes** según puede verse en el cuadro resumen siguiente

Potencia	Flujo luminoso	Diámetro mm	Longitud mm
18	1.800	53	216
35	4.800	52	310
55	8.000	52	425
90	13.500	66	528
135	22.500	66	775
180	33.000	66	1.120

La ventaja más destacada de estas lámparas es su **elevadísimo rendimiento flujo luminoso del 95 durante toda su vida til es la solución más ventajosa al alumbrado p blico**. Son lámparas que **tienen posición de uso**, es decir, no funcionan en cualquier postura.

Lampara de vapor de sodio de alta presión

Utilizan un **quemador de cerámica trasl cida**, en lugar de vidrio, en los extremos del tubo cerámico se sitúan los electrodos y una mezcla de mercurio y sodio, mientras en **el interior del quemador está compuesta de xenón a una presión de 20 atmósferas dentro del quemador se desarrollan temperaturas de 1.300 C.**

El sistema de encendido es aún más complejo, **precisa de una reactancia y un ignitor que proporciona pulsos de aproximadamente 4.000 . para iniciar el arco en el xenón que desencadene la evaporación del mercurio y el sodio**. Este período de **arranque dura entre tres y cuatro minutos**.

La producción de luz está prácticamente **desprovista de rayos ultravioletas proporcionando luz prácticamente blanca de gran calidad y de alto rendimiento**, de todas las del marcado es la que más cantidad de luz proporciona en relación con el consumo 130 lúmenes por vatio, y una **temperatura del color de 2.500** .

Se fabrica en formato tubular y elipsoidal, aunque presenta un inconveniente muy importante: **El ignitor no puede ser colocado a más de 50 cm de la lámpara**.

Figura 31 LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO

23. LÁMPARA DE LUZ MIXTA

Consisten en **un tubo de descarga en mercurio**, hecho de cuarzo, **conectado en serie con un filamento de tungsteno.** Este **filamento funciona como fuente de luz incandescente y al mismo tiempo como reactancia** para el tubo de descarga en mercurio ya que limita la corriente de la lámpara. **La ampolla exterior de la lámpara tiene una capa interior correctora**, que mejora la reproducción de la luz de ambas fuentes siendo el resultado una luz difusa, pocos minutos después de encendida la lámpara, las dos fuentes alcanzan su rendimiento óptimo.

No necesitan reactancia, por lo que son un recurso excelente para mejorar el alumbrado incandescente ya existente sin necesidad de adquirir reactancia ni montar nuevas armaduras. Se fabrican en tres vatiajes distintos **160**, **250** y **500 vatios** siendo **la menor de las tras la nica que tiene posición de funcionamiento**, las otras dos funciona en cualquier posición.

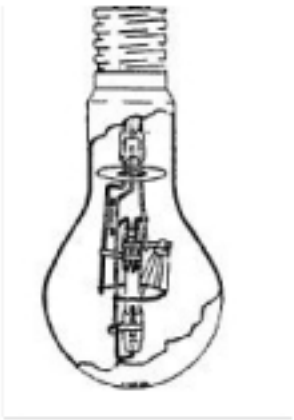


Figura 32 LÁMPARA DE LUZ MIXTA

24. LÁMPARAS DE DESCAR A DE HALO ENUROS METÁLICOS

Se basan en la tecnología de del vapor de mercurio, con adicción de otros elementos en minúsculas cantidades, especialmente **el talio indio iridio y escandio**, además de los metales como el **mercurio y el sodio**.

La construcción de estas lámparas es muy variada, con una múltiple variedad de formas, que las hacen acoplable a casi todo tipo de luminaria.

La forma más común es la de ampolla tipo bi pin (figura 33), también se fabrica en ampolla oval, lo que hace que se puedan utilizar en sustitución de las lámparas de vapor de mercurio, siempre que se sustituya el equipo de arranque y la alimentación. La forma tubular es la que se utiliza para sustituir a las lámparas de vapor de sodio de alta presión.

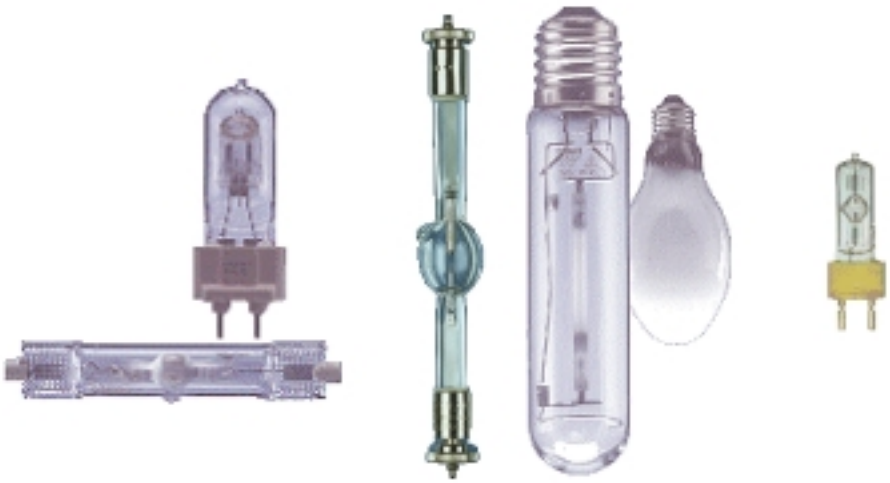


Figura 33 LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS

25. LÁMPARAS DE DESCAR A DE XENÓN

Se emplean principalmente en **proyectores de muy alta potencia** como aparatos de discotecas, **proyectores tipo antiaéreos** y proyectores de **iluminación espectacular como inauguraciones y fiestas.**

Produce un arco corto, es una **lámpara de descarga de alta presión**, lo cual proporciona un alto flujo luminoso que va desde los ultravioletas al infrarrojo, con **un has de luz similar a del sol.**

Son lámparas fabricadas totalmente de cuarzo, que han de soportar importantes temperaturas de trabajo, además de fuertes presiones internas, incluso en reposo.

Tiene forma lineal, con electrodos diametralmente opuestos (figura 34). Un cátodo pequeño y un ánodo grande. Estas lámparas operan con un complejo sistema de alimentación y arranque, siendo **alimentadas con corriente continua a voltajes de 15 y 30** . alcanzando **la corriente** los **160 A.**

Son elementos de muy alto costo, una de estas lámparas pueden tener **el mismo precio que un coche pequeño**, y el peso del alimentador es tanto que necesita una remolque para transportarlo.

Figura 34 LÁMPARA DE ZENÓN

26. NUE AS T CNICAS EN LA ABRICACIÓN DE LÁMPARAS

A partir de **1960** y por **encargo del Ejército de los Estados Unidos** se inicia la construcción de **lámparas de cuarzo con gas xenón**, capaces de llegar a los **35.000 vatios de consumo**, **para iluminar las pistas y torres de lanzamientos de cohetes especiales y que se emplearon ya en los proyectos Apolo y enus**.

En **1963** se llegan a conseguir lámparas de mercurio de **100.000 vatios**, utilizada para acelerar los cambios químicos.

Paralelamente a estos logros; en los tubos fluorescentes, se sigue investigando con el fin de aumentar el rendimiento lumínico y **prolongar la vida media de los tubos fluorescentes**. En este sentido se ha llegado a una temperatura de color de **5.500 grados elvin**, exactamente **igual a la luz natural**, pero tal vez, **la característica más impresionante es la duración que llega a un mínimo de 33.000 horas de funcionamiento**, **casi cuatro años de funcionamiento permanente**. Esto ha sido posible gracias a la utilización del volframio puro, el gas riptón y cinco tipos de fósforos, cuya combinación reproduce un espectro equilibrado de los colores del arco iris.

Todo lo anterior se consigue por el interés de la **NASA** en reproducir, dentro de las cápsulas espaciales, **la luz artificial más parecida a la luz natural** en beneficio de los astronautas y productos transportados, como plantas y animales. **La iluminación no solo ha de alumbrar sino que la fluorescencia ha de ser capaz de que se realice la fotosíntesis en las plantas y las reacciones hormonales en los seres vivos**, tan necesarias en la reproducción y en la fijación de las **vitaminas A y D.**

La aplicación de estas técnicas de construcción al resto de las lámparas también prolonga la vida media de estas; así, se consiguen **lámparas incandescentes de 12.000 horas de funcionamiento** y **en lámparas de descarga se ha llegado a las 27.000 horas de vida media**. Otra ventaja fundamental que aportan estas nuevas técnicas de fabricación, es el mantenimiento del flujo luminoso. **En las lámparas convencionales a mitad de su vida la caída del flujo es del orden del 50** ; en estas **nuevas lámparas al 90 de su vida til el rendimiento luminoso tan solo decae un 20 .**

Naturalmente todas estas ventajas repercuten en el precio del producto elaborado, por lo que estas lámparas se venden con una garantía de horas de uso, para ello **el fabricante incorpora un código impreso que controla la vida de la lámpara**.

Características de las nuevas lámparas de iluminación

Su gran rendimiento: Su definición espectral con una **temperatura de color de 5.500 grados elvin**, le hace lo más parecida a la luz natural, por lo que se ven los colores tal como son y sin distorsión, por lo que **se consigue un total descanso visual en las personas que permaneces muchas horas expuestas a la luz artificial.** Consecuentemente se ve mejor con menos cantidad de luz, pudiéndose reducir el número de puntos de luz.

Otras ventajas:

- **Salud en las personas y en los animales**.
  - Descanso visual.
  - Mejora el estado de ánimo y el bienestar visual.
  - Fijación del calcio y de las vitaminas **A** y **D**.
  - Funcionamiento hormonal.
- **Sobre las plantas**.
  - Fotosíntesis.
  - Acelera la germinación y asentamiento de las raíces, prolongan la vida.
  - Resalta la variedad de los colores.

- **Sobre las cosas.**
  - No produce brillos ni reflejos.
  - No distorsiona los colores.

27. ELECTROMA NETISMO

En las máquinas eléctricas, y los conductores de corriente, se presentan fenómenos magnéticos cuyo conocimiento es imprescindible conocer, debido, a la gran importancia que representan estos fenómenos en la generación de corriente, su transporte y la utilización.

Los fenómenos magnéticos pueden ser de dos clases:

- **Originados por los imanes**; cuyo estudio es el objeto del **Magnetismo**.
- Los **debido a la corriente eléctrica**, de cuyo estudio se ocupa el **Electromagnetismo**.

28. MA NETISMO

Imán es todo cuerpo capaz de **atraer al hierro** y sus derivados.

Los imanes pueden ser naturales y **artificiales**.

Imán natural es el que posee la propiedad, sin que en ello intervenga ningún proceso industrial. El mineral que posee la propiedad de atraer al hierro **se denomina magnetita o piedra imán**.

Imán artificial es una **pieza de hierro o acero**, de muy diversas formas, que han adquirido **por alg n proceso industrial la propiedad magnética**; aunque sea por simple influencia.

Lo imanes artificiales pueden ser **temporales** o **permanentes**.

Imanes temporales. Son aquellos que sólo manifiestan la propiedad magnética mientras exista una causa que lo origine; al cesar la causa imanadora deja de comportarse como tal imán. **Los imanes temporales son todos de hierro**.

Imanes permanentes. Reciben esta denominación aquellos que, cuando deja de actuar la causa inductora, continúan manteniendo las propiedades magnéticas. Para construir **imanes permanentes es necesario utilizar el acero templado.**

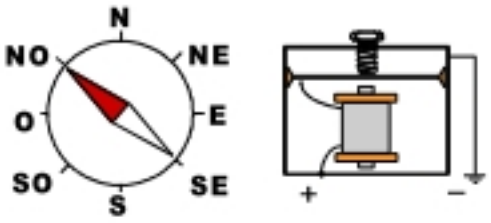


Figura 35 BR ULA BOCINA: IMÁN PERMANENTE TEMPORAL

29. CAMPO MA N TICO.

Si se coloca sobre un imán permanente, una cartulina; y sobre ella esparcen limaduras de hierro. **Las partículas de hierro se alinean en infinidad de líneas que tienden a establecer un sin fin de puentes entre el polo norte y el polo sur del imán**. La forma característica que presentan las limaduras de hierro será similar a la del dibujo de la figura 36, a este peculiar aspecto se le denomina **espectro magnético**.

El **campo magnético** llega **hasta donde se manifiesten estos efectos**.

La distancia equidistante entre ambos extremos del imán, donde se aprecia una acción nula de los efectos de este, se denomina **eje del imán**.

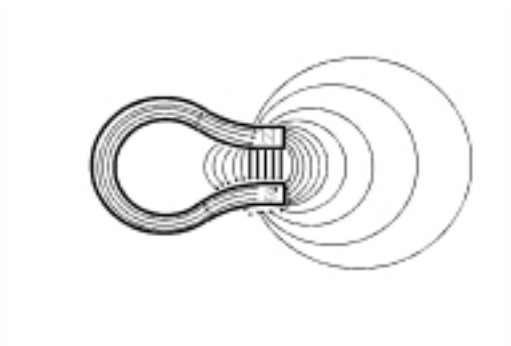


Figura 36 CIRCUITO MAGNÉTICO DE UN IMÁN DE HERRADURA

Si se cuelga de un hilo fino, de seda o algodón, a un imán por su eje, **el imán se gira orientándose siempre en una misma dirección**. Se puede señalar la punta que siempre se orienta hacia el **Norte** Geográfico **de rojo** y se llama **Polo Norte del imán**, mientras que **la otra punta** se pinta **de blanco** y se la denominará **Polo Sur del imán**.

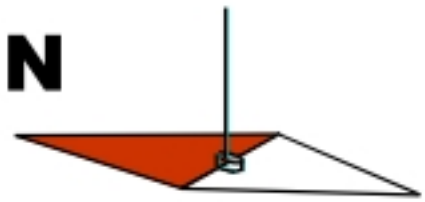
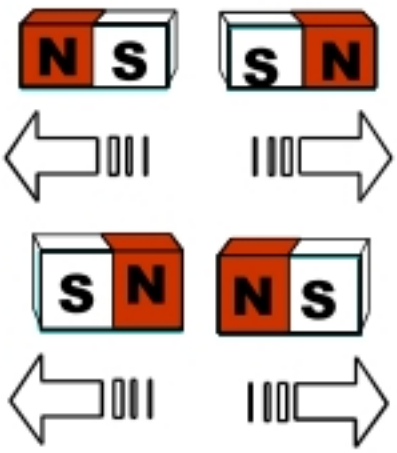


Figura 37 AGU A MAGNÉTICA

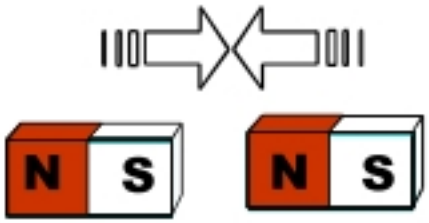
30. ACCIÓN MUTUA DE LOS IMANES

Entre dos imanes, cuyas polaridades hayan sido previamente determinadas, se pueden observar los siguientes comportamientos:

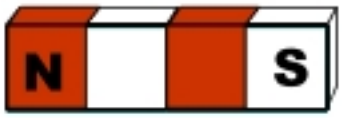
1. Dos polos del mismo nombre se repelen entre sí



2. Los polos de nombres contrarios se atraen entre sí



3. Dos imanes unidos, uno a continuación de otro, se comportan como si fuera uno solo.



4. Al cortar un imán por su eje central, no se obtiene dos polos aislados; pues, se forman dos imanes. **Los polos de un imán son indivisibles**.

31. SENTIDO DE LAS LÍNEAS DE UERZA

El estudio del magnetismo es muy difícil, ya que, solamente es posible hacerlo a base de observar los efectos producidos. Para facilitar el estudio, se supone teóricamente que de uno a otro polo del imán se extienden las llamadas ***líneas de fuerza***.

Por conveniencia, se ha venido a establecer que las ***líneas de fuerza*** **del campo magnético creado por un imán salen del polo Norte y después de un recorrido por el especio exterior vuelven a entrar en el imán por su polo Sur**, y que por el interior del imán lo hace de Sur a Norte (figura 41).

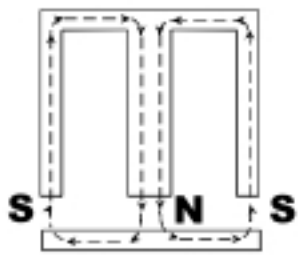


Figura 41 CIRCUITO MAGNÉTICO

Al recorrido de las ***líneas de fuerza*** se le denomina **circuito magnético**.

32. ELECTROMA NETISMO PRODUCIDO POR UNA CORRIENTE

Si una bobina es recorrida por una corriente, a su alrededor **se crea un campo magnético similar al de un imán**. Esto es fácil de comprobar; simplemente con repetir el experimento de echar limaduras sobre una cartulina colocada inmediatamente encima de una bobina: Si la bobina está desconectada, en las limaduras de hierro no se aprecia variación, se quedan tal como cayeron; tan pronto como se somete a tensión la bobina, las limaduras sobre la cartulina forman de inmediato la misma forma que la del imán permanente (figura 42). Cuando de desconecta la bobina, las limaduras de hierro se quedan tan como están, pero ahora pueden ser movidas al menor esfuerzo, no volviendo a alinearse hasta que no se conecte de nuevo la bobina.

Figura 42 ESPECTRO MAGNÉTICO

Es decir: ***una bobina recorrida por una corriente se comporta como un imán***, la acción de **este imán *aumenta* cuando en el interior de la bobina se introduce un *núcleo de hierro*** (figura 43).

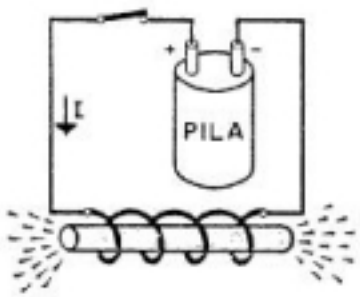


Figura 43 EL N CLEO DE HIERRO AUMENTA LA FUERZA DEL CAMPO MAGNÉTICO

Las bobinas con núcleo de hierro se denominan **electroimanes** (figura 44). Los **electroimanes** son imanes artificiales que tan sólo produce efectos magnéticos cuando por su bobina circula corriente, ***cuando cesa la corriente cesan los efectos magnéticos***.

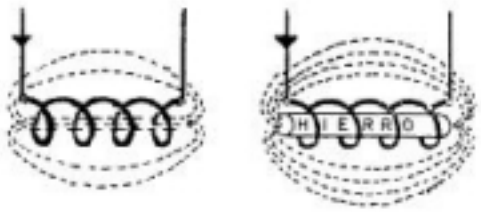


Figura 44 ELECTROIMÁN

33. ESPIRA

Si se dobla un conductor recorrido por una corriente para formar una curva, obteniéndose lo que se llama una **espira** (figura 45), que puede ser circular, o, cuadrada.

Figura 45 ESPIRA CIRCULAR DE CUADRO

El sistema punto aspa, de la figura 46, se utiliza para indica el sentido de la corriente en la **espira**. **Una corriente que va del observador al plano de la figura se representa por un aspa. El sentido contrario por un punto.**

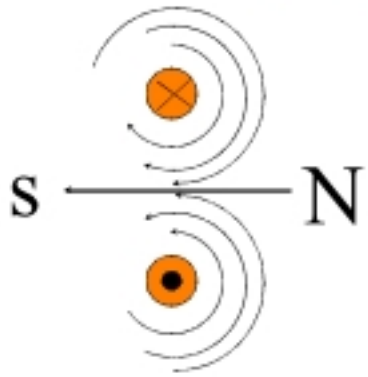


Figura 46 SENTIDO DE LA CORRIENTE DEL EFECTO ELECTROMAGNÉTICO

También se ha de suponer que la corriente avanza en la espira como lo haría un sacacorchos, coincidiendo el giro del sacacorchos con las líneas de fuerza del campo magnético que se forma al paso de la corriente En la figura 46 aparece indicado con flechas el sentido de las líneas de fuerza. Por tanto, a la derecha del dibujo se encuentra el polo norte del imán formado por la corriente continua que atraviesa los conductores

En la **espira**, toda las líneas del campo magnético que penetran por la misma cara de la superficie, aparecen como magnetizada con polaridad **S** de un imán; atrayendo a un polo **N**. La otra cara aparece como magnetizada con polaridad N, y repele a un polo **N**. Por esto, a la primera de las caras de le denomina cara **sur** de la espira, y a la segunda cara **norte**.

Si se tiene en cuenta el sentido de la circulación de la corriente en la **espira**, se puede determinar la polaridad de sus caras mediante la regla siguiente:

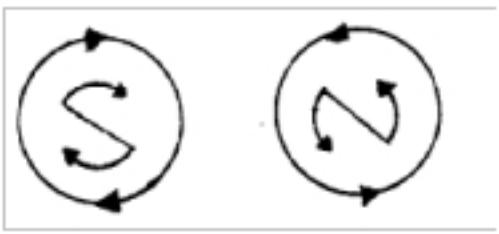


Figura 47 REGLA PARA DETERMINAR LA POLARIDAD EN LA ESPIRA

Se mira de frente a la **espira** (figura 47) y se indica por flechas el sentido de la corriente. Uniendo extremidades posteriores de las flechas se escribe la letra **N** y **S**. Las letras que coincidan en dirección con la flecha indicadora de la corriente en la espira nos dará la polaridad de la cara.

34. SOLENOIDE

arias espiras unidas constituyen lo que se llama un **solenoide**. Se construye éste, devanando sobre una carcasa de cartón, un hilo conductor aislado (figura 48).

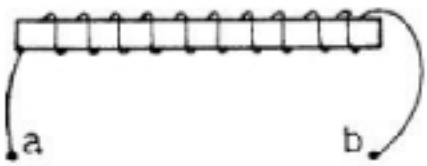


Figura 48 SOLENOIDE, CARRETE, O, BOBINA

El devanado, compuesto por un número de espiras determinado, se denomina **bobina** o **carrete**. Si la bobina está compuesta por espiras rectangulares y en pequeño número se denomina **cuadro**.

Un **solenoide**, por cuyo devanado circula una corriente, equivale a un imán con sus dos polos. Los fenómenos de atracción y de repulsión, se manifiestan cada vez que se hace circular una corriente por sus espiras.

Si **N** es el n mero de espiras del **solenoide**, e **I** es **la corriente en amperios** que circula por sus espiras, **al producto N.I** se denomina **amperios vueltas**.

Amperios vueltas N . I

35. ELECTROIMÁN

Un **electroimán** es un solenoide devanado **sobre un *núcleo magnético***. El núcleo se imana por inducción. El conductor que se devana, va aislado con esmalte especial; a fin de disminuir el grueso del aislante. Entre la carcasa de hierro y el conductor, se interpone una carcasa aislante (Cartón o PVC.), En la que, después de devanado el conductor, se introduce el núcleo.

Si el núcleo fuese de acero templado, al cesar la corriente, el núcleo queda imanado. Si el núcleo es de hierro dulce, cesa su imantación tan pronto como se interrumpe la corriente quedando sólo el **magnetismo remanente**, con tan escasa fuerza que apenas se manifiestan sus efectos.

En la construcción de **los buenos imanes permanente** se emplea **el acero templado**, el cual se introduce dentro de una bobina por la que se hace pasar una corriente continua; Cuando cesa la corriente, el imán permanece imanado.

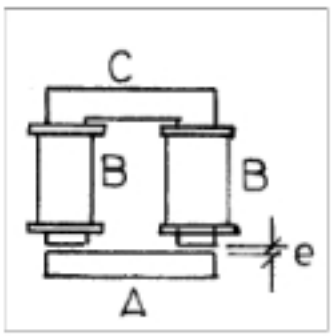


Figura 49 PARTES DEL ELECTROIMÁN

El **electroimán** (figura 49), generalmente, presenta dos polos en forma de **U.** En cada una de las ramas, también llamadas **n cleo**, se devana las bobinas **B** de hilo de cobre aislado; teniendo en cuenta, que cuando se pasa de la primera rama a la segunda, se ha de hacer el devanado en sentido inverso, para que la corriente única que circula por el devanado cree los polos **N** y **S.**.

Normalmente, los *polos* se construyen con dos núcleos paralelos, de sección cuadrada, rectangular o circular, unidos por una pieza transversal, **C** llamada ***culata***.

El **electroimán** atrae a la pieza **A** o ***armadura***, cuando el **electroimán** se halla desconectado, entre la armadura y el núcleo existe un espacio **e** llamado ***entrehierro***.

36. UERZA MA NETOMOTRIZ

Se llama **fuerza magnetomotriz** (*f.m.m.*) o tensión magnética de una bobina con núcleo, formado por **N espiras** y recorrida por una **corriente I** al valor del producto.

f.m.m. 1 25 N . I

Es decir, la **fuerza magnetomotriz** *es igual al número de amperios vueltas multiplicado por 1'25.*

37. APLICACIONES DE LOS ELECTROIMANES

Las primeras aplicaciones son los propios **electroimanes**; utilizados como grúa (figura 50), la bobina queda encerrada dentro de una *carcasa;* el polo **N** se sitúa en el centro y el **S** en la periferia; la bobina queda de esta forma protegida con la coraza que forma la carcasa, por ello recibe el nombre de **electroimán acorazado**.

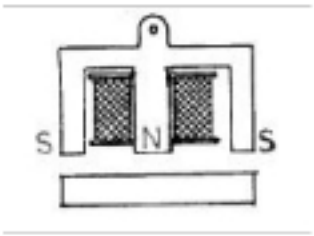


Figura 50 ELECTROIMÁN ACORAZADO

La más común de las aplicaciones, es el **electrofreno de los ascensores** (figura 50), en el que la armadura se introduce dentro del núcleo, ajustando perfectamente en un **lecho o cama** para evitar que la armadura se gire sobre su eje.

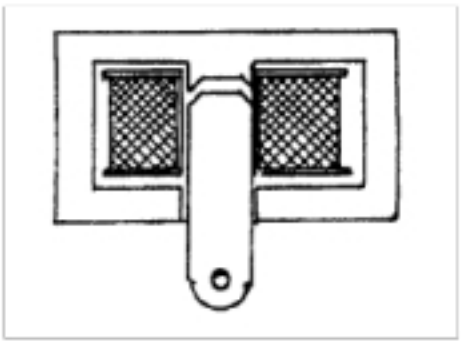


Figura 51 ELECTROIMÁN FRENO

38. REL

La armadura de un **relé** se asemeja al brazo de una balanza **N** (figura 52), de modo que éste bascula sobre un eje. Al conectar una **corriente continua**, entre los puntos **1** y **2**, el *electroimán* **E**, atrae a su armadura **N**, venciendo la fuerza del muelle **M**, o en otros casos, el de una lámina **L**. Cuando cesa la corriente, la fuerza del muelle vuelve a la posición inicial la armadura **N**.

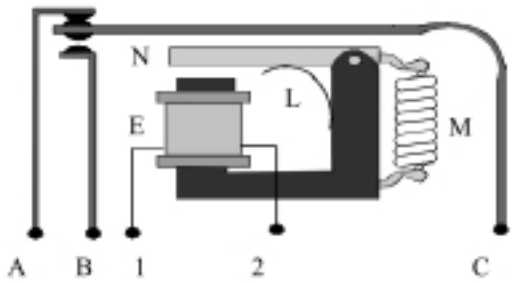


Figura 52 RELÉ

Solidario con la armadura **N**, y unido por piezas aislantes, está el doble contacto **C**; que en el extremo tiene, por la parte superior, y la inferior, una pieza de una aleación especial (pintada de negro en la figura), capaz de resistir las pequeñas chispas que se producen al cerrar o abrir el circuito de corriente.

Cuando el **relé** está en reposo; es decir; no hay corriente en la bobina **E**, existe una comunicación eléctrica entre los puntos **A** y **C**; cuando se excita la bobina, el efecto electromagnético del carrete atrae al núcleo, abriéndose el contacto **A C**, y al mismo tiempo, cerrándose el contacto **B C**. Se puede decir del relé, que es igual que un conmutador con mando eléctrico.

Existen **relés** que actúan a la vez con más de un conmutador, no existiendo en teoría límite para el número de contactos que han de abrir o cerrar al mismo tiempo.

Figura 53 RELÉ DE CUATRO CONTACTOS AUXILIARES

39. SENTIDO DE LA f.e.m. E ERCIDA SOBRE UN CONDUCTOR

Se ha visto en los ejemplos anteriores, que el campo magnético desplaza a los cuerpos construidos sobre armaduras de hierro, también actúa sobre los conductores haciéndoles desplazar siempre en un mismo sentido.

Existe una regla para determinar en que sentido se desplazará un conductor que es recorrido por una corriente cuando se encuentra dentro de un campo magnético, llamada **regla de los tres dedos de la mano izquierda:**

Si se coloca la mano izquierda disponiendo que los dedos pulgar, índice y medio formando ángulos rectos entre sí, figura 54, y haciendo dirigir **el dedo índice en el sentido del flujo del campo magnético**, y el **dedo medio en el sentido de l a corriente** que recorre el conductor; **la dirección del dedo pulgar indicará en que sentido se desplazará el conductor.**

Figura 54 REGLA DE LOS TRES DEDOS DE LA MANO IZ UIERDA

40. APLICACIÓN DE LA UERZA MA N TICA A LOS MOTORES

El *motor eléctrico* no es más que una **masa de hierro inteligentemente dispuesta para que pueda girar sobre si mismo sin que se frene por el rozamiento**; por ello está soportado el eje del rotor sobre cojinetes. La parte estática del motor está compuesta por **las bobinas**, colocadas convenientemente alrededor de esta masa de hierro.

Cuando se suministra corriente, se producen dentro del motor unas atracciones y repulsiones **electromagnéticas** que hacen que el rotor gire en el sentido que se puede determinar por la regla de los tres dedos de la mano izquierda (figura 55) dando lugar al fenómeno de ***la conversión de la energía eléctrica en energía mecánica***. Representado simbólicamente en la figura 55. La corriente que llega al motor produce el movimiento de la polea del motor

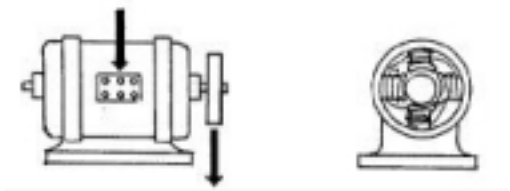


Figura 55 MOTOR ELÉCTRICO

En la figura 56 está representada una parte de un motor, precisamente por donde en este momento se está ejerciendo la fuerza del campo magnético que hace que los conductores se desplacen hacia la izquierda del dibujo. Lo que da lugar al giro del rotor.

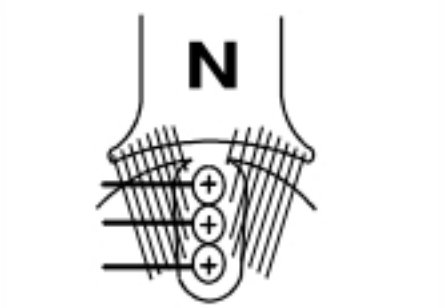


Figura 56 FUERZAS UE ACT AN SOBRE LOS CONDUCTORES

41. ELOCIDAD EL CTRICA

Hasta ahora se ha considerando que el conductor giratorio se movía en un campo magnético compuesto de un polo Norte y un polo Sur de tal forma que, durante una vuelta completa, es decir, en un giro de 360 geométrico; por tanto, la velocidad mecánica del giro del motor coincide con el ciclo de la corriente.

Pero la inmensa mayoría de las máquinas eléctricas están provistas de varios pares de polos, es decir, son multipolares. En estas máquinas no coinciden los valores de las velocidades eléctricas y mecánica.

En la máquina exapolar de la figura 57, el conductor L1 gira en sentido contrario al de las agujas del reloj: Como es fácil comprobar; por cada par de polos se presentan en el conductor los valores de la f.e.m. correspondiente a un ciclo completo. En efecto, desde L1 hasta L2, se producen los mismos efectos que antes se producian en una vuelta completa de una máquina bipolar. Exactamente igual ocurre durente el recorrido L2 hasta L3, así como desde L3 hasta L1.

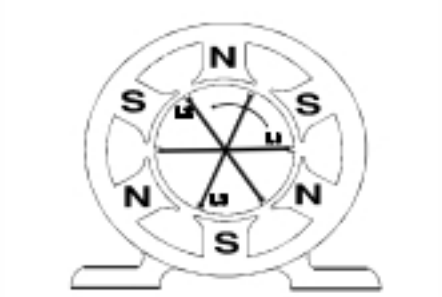


Figura 57 MOTOR DE TRES PARES DE POLOS

Resumiendo cada vuelta completa de 360 , corresponden tantos ciclos eléctricos como pares de polos tiene la máquina. Así, pues, siendo **2p** el número de polos de la máquina, existirá entre las velocidades eléctricas y mecánica la relación:

1 vuelta del conductor **p** ciclos eléctricos.

Aumentando el número de polos de un motor se influye en la velocidad del motor de tal manera que según la fórmula

$$f = p\frac{n}{60}$$

*La frecuencia **f** a que trabaja un motor viene dada por el número de pares de polos **p** multiplicado por la velocidad del motor contado en **r**evoluciones **p**or **m**inuto (**r.p.m.**) Dividido por **60***

Por tanto, se puede saber la velocidad en r.p.m. a que funciona un motor transformando la fórmula anterior en:

$$n = \frac{60f}{p}$$

Según esta fórmula la velocidad de giro de un motor no depende en nada del voltaje de funcionamiento, y como el valor de la frecuencia es inalterable, para cambiar la velocidad de un motor solo se puede hacer, cambiando el número de polos que tiene el motor.

Polos de un motor

Para visualizar mejor los polos de un motor en las figuras 55,56 y 57 se han representados los polos salientes, como es el caso de los motores de corriente continua y los primeros motores de corriente alterna. Pero en los actuales motores los polos de un motor de corriente alterna, el hierro está formado por ranuras longitudinales, y en cada ranura se cola el final de una bobina con el principio de otra bobina (figura 58). Se llama de polos liso. Aunque los polos no permanecen estáticos giran según la posición en cada momento de las tres fases.

Figura 58 MOTOR DE DOS PARES DE POLOS

El número de ranuras siempre será múltiplo de tres, puestos que es un motor trifásico. Si el motor fuese de 3.000 revoluciones es porque lleva dos bobinas, una norte y otra sur, por el número de fases serían seis ranuras.

El estator de la figura 58 tiene 12 ranuras lo que permite cuatro bobinas por fase, luego corresponde a un motor de 1.500 r.p.m.

En la figura 59, se ha representado el bobinado de este motor y el sentido de la corriente por cada fase. Observando la figura 60, se ve que en cada instante, representado por líneas perpendiculares, siempre existen dos fases en un mismo sentido y la tercera en sentido contario

Por esta razón a la fase **R** y **T** se le ha dado un sentido y a la fase central **S** se le ha dado el sentido contrario. **U**, y son las salidas y **R**, **S** y **T** las entradas. Se observa en la figura 59 que se forman cuatro polo, con dos fases que actúan en un sentido y la tercera en sentido contario, que no cuenta, o que la suma algebraica de los valores de las tres fases (que se deduce de la figura 60) hace que predomine las dos sobre la tercera.

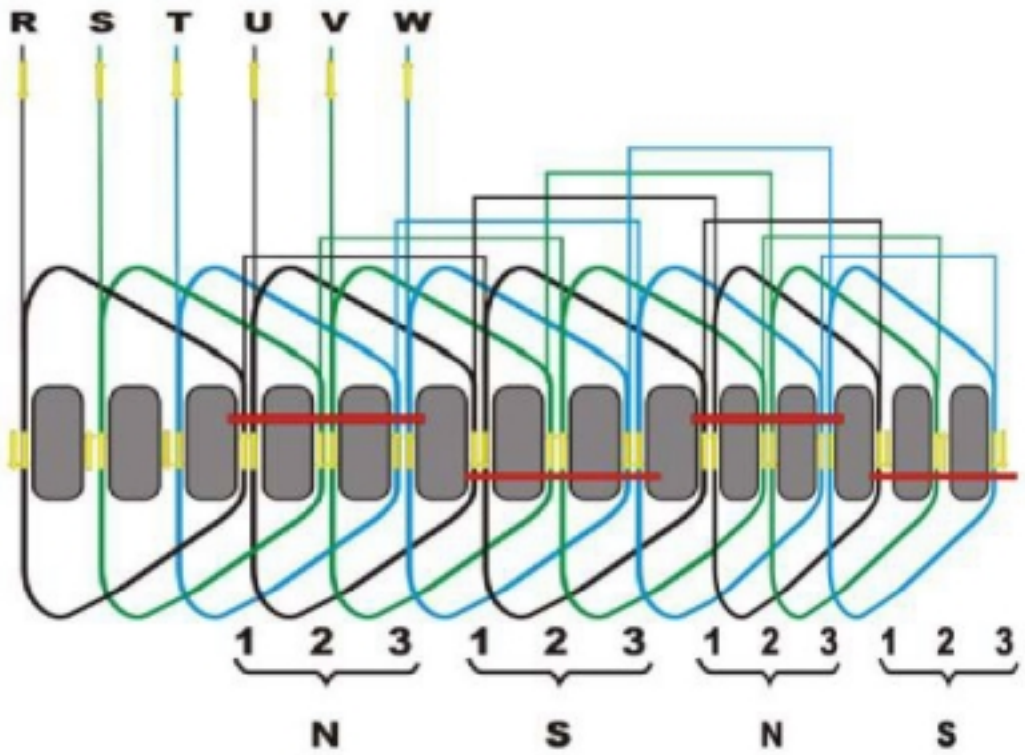


Figura 59 FORMACIÓN DE LOS CUATRO POLOS

La sucesión de fases

Los valores de la tensión de las tres fases están en contante variación, tan pronto predomina una fase sobre las otras, como deja paso a la fase siguiente de este predominio para inmediatamente volverlo a recuperar hasta 50 veces en un segundo, las líneas verticales de la figura 60 son instantes imaginarios en que puede detenerse la sucesión de fases y puede verse que las tres fases cambian constantemente de valor creciente positivo a valor decreciente, pasando de positivo a negativo, y al mismo tiempo, las otras dos fases también cambian.

Este movimiento incansable es lo que produce un campo magnético giratorio dentro del estator, sin que aparentemente no exista movimiento alguno.

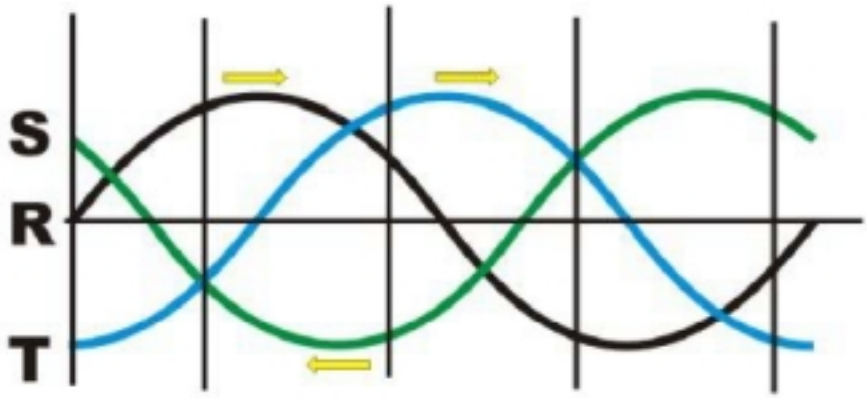


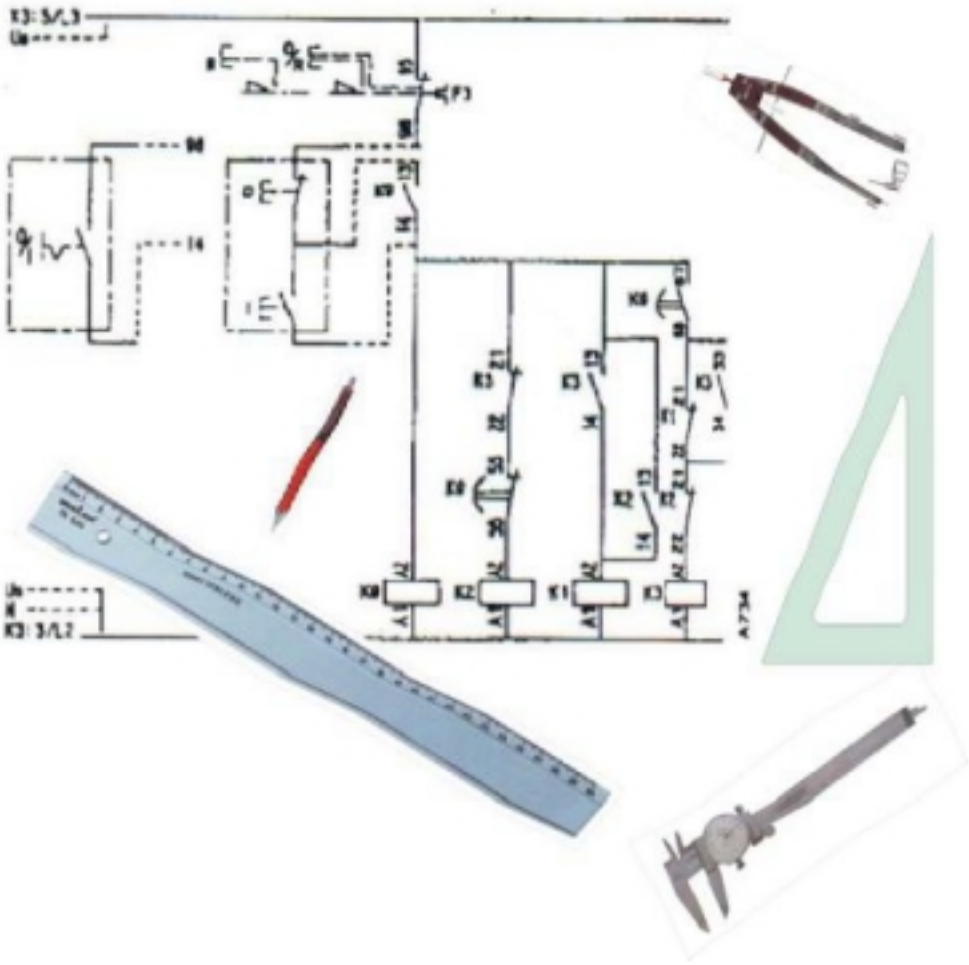
Figura 60 LA CORRIENTE TRIFÁSICA SIEMPRE TIENE UNA FASE EN SENTIDO CONTRARIO A LAS OTRAS DOS

En el dibujo, la suma algebraica de la fase **R**, **S** y **T** siempre dará un valor cambiante al campo magnético, apareciendo en el estator del motor un campo magnético cuyos polos **N** y **S** contantemente giran en un sentido. Cuando **se cambian dos fases el giro del campo magnético cambian al contrario**, si se **cambian las tres fases** al mismo tiempo, **el giro no cambia**.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual
Electricidad industrial
Módulo 2
Equipos electrónicos de maniobra
y dispositivos de regulación y control

Tema 2
Dibujo técnico



Tema 2

Dibujo técnico

Indice

1. Manejo de la escuadra y el cartabón 1
2. Trazar líneas paralelas 1
3. Trazar perpendiculares entre sí 2
4. Posición correcta del cartabón 3
5. Desplazamientos en el trazado de perpendiculares 5
6. Ángulos 6
7. Plano 7
8. Interpretación de planos 7
9. Representación de un objeto a cuatro vistas 9
10. Ejemplo de planos de una sola vista (objetos redondos) 11
11. Formatos de hojas 12
12. Formatos para dibujos 13

Tema 2

Dibujo técnico

1. MANE O DE LA ESCUADRA EL CARTABÓN

La escuadra que se emplea en dibujo, es de PVC transparente y de bordes rectos sin chaflanes y sin graduación de distancias, Tiene un ángulo recto y los otros dos ángulos iguales de 45 , los lados de los catetos del triángulo por tanto, son iguales.

El cartabón debe ser de las mismas caracteristicas que la escuadra, con un ángulo recto y los otros dos lados del triángulo, uno es doble del otro de largo, por tanto sus ángulos son de 30 y 60

La regla graduada, en milímetros, se emplea como auxiliar para delimitar las distancias, la regla graduada puede tener chaflán, pero no es una necesidad imperiosa

2. TRAZAR LÍNEAS PARALELAS

En el trazado se emplea el cartabón por el lado más largo como base, desplazando la escuadra sobre uno de los lados se pueden trazar lineas paralelas como se indica en la figura 1

Observe la figura 1 y realice ejercicios de trazado de líneas paralelas, asentando el cartabón sobre el papel y haciendo presión con la mano para evitar que se mueva, con la otra mano asiente la escuadra y desplace la escuadra a derecha y a izquierda, luego trace varias líneas, aproximadamente a un centímetro cada una, sin medir, a ojo, se trata simplemente, de que no se mueva el cartabón mientras se desplaza la escuadra. Si no aprieta lo suficiente se moverá, y si aprieta demasiado se cansará. Debe de graduar sus fuerzas.

Cuando haya trazado diez o doce paralelas, quite escuadra y cartabón levantando ambas piezas del papel. Luego vuelva a colocar de nuevo escuadra y cartabón para seguir trazando líneas paralelas, observe su dibujo y compruebe si las líneas siguen siendo paralelas, mida con la regla las distancia entre las dos líneas extremas arriba y abajo y vea si miden iguales o si son líneas convergentes.

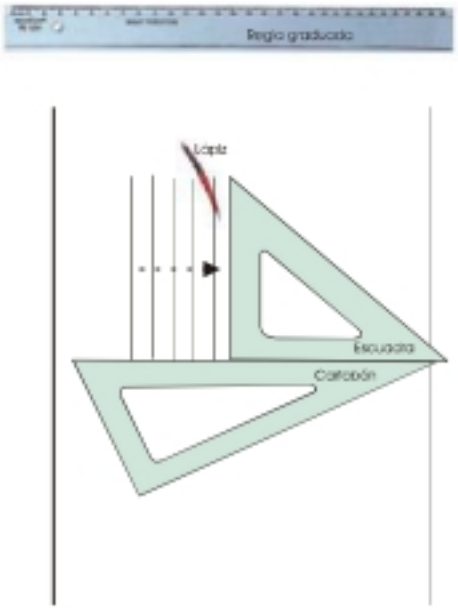


Figura 1 TRAZADO DE PARALELAS VERTICALES

3. TRAZAR PERPENDICULARES ENTRE SÍ

Para trazar perpendiculares en cualquier postura, se utilizan los 45 grados de la escuadra. Primero se trazan líneas paralelas como se hizo en la figura 1, pero esta vez utilizando la hipotenusa del triángulo. Se obtienen paralelas inclinadas que forman con la base 45 (figura 2). Seguidamente se da la vuelta a la escuadra y se obtiene los otros 45 grados, en sentido contrario (figuras 3). Entre los dos trazos habrá 90

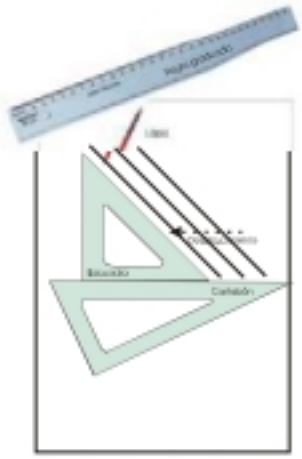


Figura 2 TRAZADOS DE PARALELAS A 45

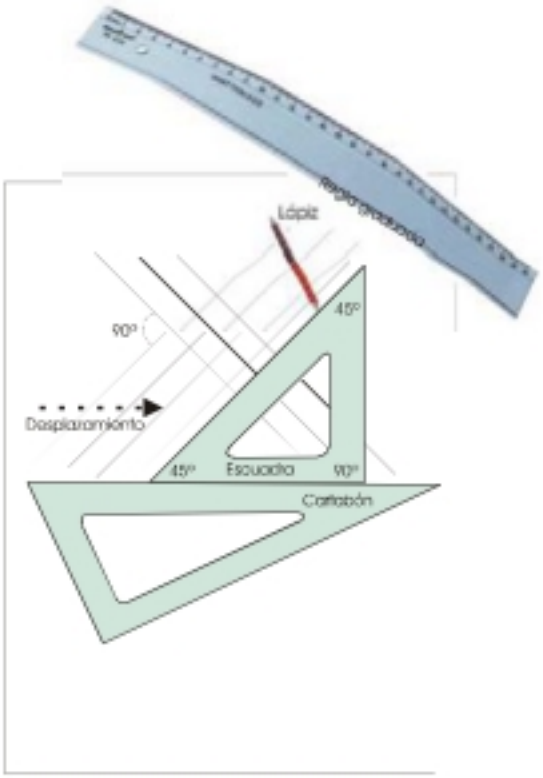


Figura 3 TRAZADO DE PERPENDICULARES ENTRE SÍ

4. POSICIÓN CORRECTA DEL CARTABÓN

En las figuras 1, 2 y 3, el cartabón se ha colocado horizontalmente, sin embargo, no es la posición más conveniente, puesto que se ha visto que dando vueltas a la escuadra se pueden obtener perpendiculares, se debe de aprovechar esta ventaja en el trazado situando las posiciones de ambos instrumentos como se muestra en la figura 4

Esta es la mejor posición para sacarle el máximo provecho la escuadra, con la hipotenusa horizontal y el cartabón inclinado con el lado más largo sirviendo de base para el desplazamiento de la escuadras Compruebe de nuevo la figura 4, y observe que el ángulo menor, el de 30 , se coloca hacia arriba, con ello la parte más ancha queda hacia abajo y se puede sujetar mejor el cartabón para que no se mueva mientras se desplaza la escuadra.

Cuando se trazan líneas paralelas, se hacen primero los trazos superiores y luego se va desplazando y pintando, con ello sé evitar pasar por encima de lo trazado y no hacer borrones, al mismo tiempo que se evita ensuciar los útiles. El cartabón no se levanta nunca de su posición, solamente se desplaza y cuado se tenga que desplazar, se hace fijando la escuadra y deslizando el cartabón sobre la escuadra, hasta la postura necesaria.

Practique trazar horizontales como se muestra en la figura 4 desde lo más alto que pueda hasta lo más bajo que le permita el papel y desplace el cartabón utilizando la escuadra. Ojo, si lleva el desplazamiento mas allá de la mitad de lo que midan los catetos de la escuadra puede ser que se le gire todo, no aproveche tanto y haga desplazamientos más cortos.

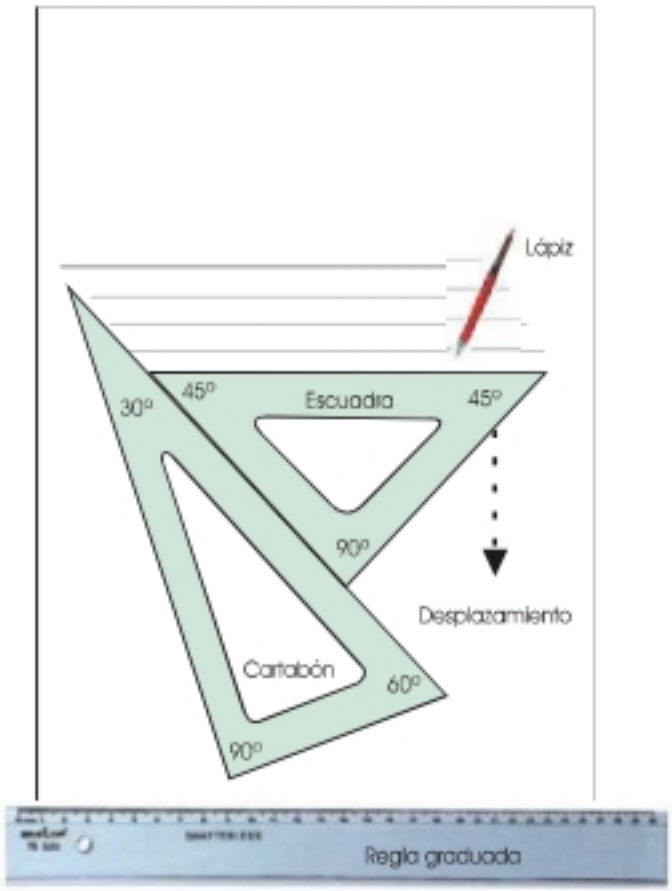


Figura 4 TRAZADO DE HORIZONTALES

5. DESPLAZAMIENTO EN EL TRAZADO DE PERPENDICULARES

Sobre los trazos de la figura 4, gire la escuadra y comenzando desde abajo deslice hacia arriba. Si al mover la escuadra sobre los trazos anteriores observa que el papel se ensucia es porque está empleando un lápiz de punta blanda, la punta blanda se utiliza para hacer dibujos a mano alzada (dibujos artísticos), para dibujo técnico se utiliza punta dura, que escribe más fino, pero que hay que apretar más para que se vea el trazo.

Cuando termine de dibujar, lave con agua escuadra y cartabón, y sequelo bien, sobre todo prestar especial atención a los filos, pues es, contra el cual, se desliza el lápiz y por tanto la parte que más se mancha.

El trazado suele presentar alguna dificultad para personas acostumbradas a manejar más una mano que la otra, y es que al trazar se tapa y no ve bien lo que pinta. Observe la figura 5 y 6 y trate de pintar usted de las dos formas, de una de las dos le es más fácil que de la contraria, hágalo siempre como le sea más fácil

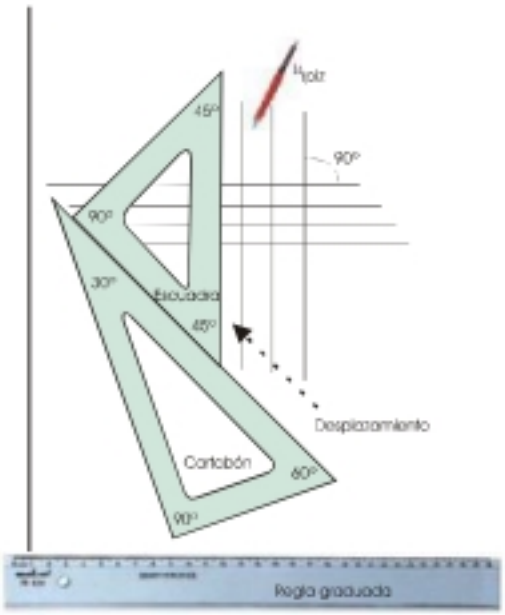


Figura 5 TRAZADO DE PERPENDICULARES PARA ZURDOS

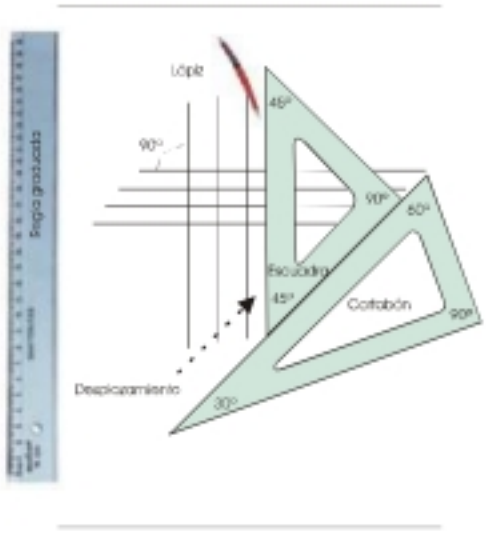


Figura 6 TRAZADO DE PERPENDICULARES PARA UN DIESTRO

6. ÁN ULOS

Alternando posición de la escuadra y el cartabón se puede trazar muchísimos ángulo, como la bisectriz de un ángulo recto, figura 7

Trace primero dos perpendiculares, usando el lado mayor del cartabón como base fija, dando las dos posturas a la escuadra trace las perpendiculares. Luego deje fija la escuadra, y mueva el cartabón como se indica en la figura 7. Busque el centro del ángulo, y ya puede trazar la bisectriz del ángulo de 90 .

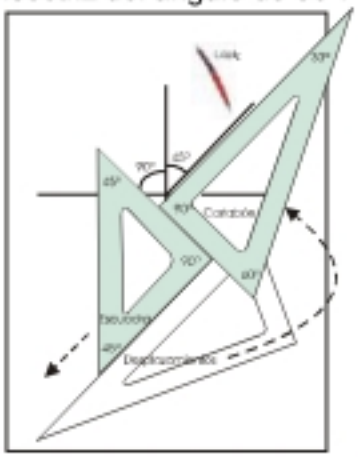


Figura 7 TRAZO DEL E E DEL ÁNGULO RECTO

7. PLANO

Una vez que se haya cogido destreza en el manejo de la escuadra y el cartabón, se puede comenzar a trazar el primer plano. **Un plano es la representación de un objeto de tres dimensiones** en un papel donde solo es posible representar dos: el ancho y el alto. Para representar la profundidad se pinta la pieza girándola 90 sobre su base.

8. INTERPRETACIÓN DE PLANOS

Existen reglas universales para el trazado de un plano, que son pocas y claras:

Se parte siempre de la vista principal, que suele ser la que tiene más detalles

- Primero se dibuja la vista principal (1)
- A la derecha de la vista principal se dibuja el perfil (4) que el que se ve rotando 90 sobre su base y hacia la izquierda, la vista principal.
- Partiendo de la posición inicial (1), se tumba hacia atrás la vista principal para observar la vista desde abajo (5) que se dibuja debajo de la vista principal
- Volviendo a la vista principal y tirando hacia delante hasta rotar 90 se obtiene la vista de la parte superior de la pieza (3). ue se dibuja encima de la vista (1)
- Vuelta a la vista principal y girando 90 sobre la base hacia la derecha, se obtiene la cara izquierda (2) o segundo perfil, que se dibuja a la izquierda de la principal
- Rotando 180 la vista principal se obtiene la vista de detrás (6) que se dibuja a la izquierda del perfil derecho (4)
- Todo lo que se ve completo desde una vista, se representa de trazo continuo
- Lo que queda oculto a la vista se representa de trazo intermitente.
- Cuando el lado derecho es igual al izquierdo, se dice que la pieza es simétrica y se traza un eje de simetría, con línea fina de ralla y punto.
- Los centros de los taladros de representan con dos trazos cortos de simetría, con referencia a la un punto fijo, expresando la distancia al centro
- El diámetro del taladro se expresa con el símbolo ∅

- Cada trazo del plano es proporcional a las medidas reales de la pieza si la proporción es igual a 1, se dice escala 1:1 o a escala natural, En todo plano hay que poner la escala a que está dibujado, cuando se omite la escala se entiende que es escala 1:1

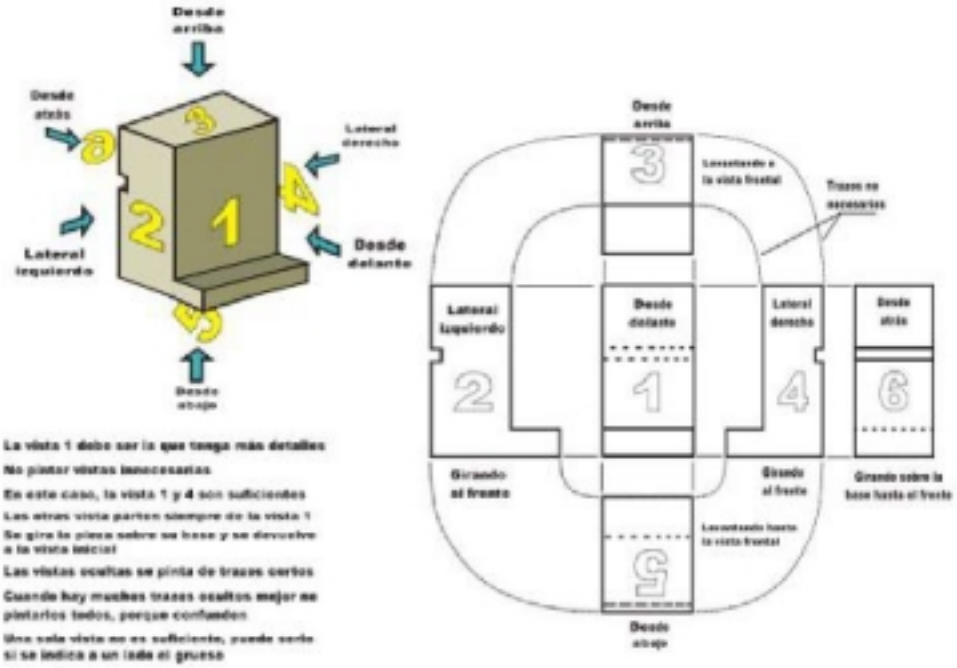


Figura 8 CARAS O VISTAS DE UNA PIEZA COLOCACIÓN EN EL PLANO

La vista principal de un plano es la que de más detalles, o la que mejor represente el objeto.

Si una vista no aporta nada mejor omitirla. En la mayoría de los planos, con tres vistas queda perfectamente definido el objeto; en otras, bastan dos vistas. Con una sola vista, por regla general no es suficiente. Aunque a veces basta con poner al lado el grueso sin pintar el perfil.

El perfil, se coloca siempre a la derecha, si el perfil de la derecha es distinto del de la izquierda el segundo perfil se coloca a la izquierda. Si son iguales solo se pinta el de la derecha.

Por regla general basta con colocar la vista superior para acabar de definir el objeto, en algunas raras ocasiones, la vista superior es poco significativa y se prefiere pinta la vista inferior.

Los cortes taladros y vistas ocultas se pintan de trazos intermitentes. Si existen muchas vistas ocultas, el pintar muchos trazos, en vez de aclarar confunden; es preciso limitar el número de trazos intermitentes, a los más característicos.

El contorno de la pieza se representa de trazos gruesos (0 8 mm) y el de las líneas de cotas de trazos más finos (0 5 mm)

Las caras dis tintas de una pieza, se delimitan con dos trazos auxiliares paralelo entre los que se coloca medida máxima de la pieza, estas líneas están separadas de la pieza un milímetro o dos a fin de no confundir donde termina el trazo auxiliar.

9. REPRESENTACIÓN DE UN OB ETO A CUATRO ISTAS

En la figura 9 para representar el plano de una mesa, ha bastado con vista principal, lateral derecho superior e inferior

Figura 9 PLANO DE UNA MESA

En el plano, se observa que las medidas de los cajones no están especificados, sin embargo al ser un dibujo a escala, se pueden averiguar. Es el mismo caso que se presenta en el plano de una vivienda, que por regla general, no se detallan ninguna medida, sin embargo es fácil averiguarlo partiendo de la representación de las puertas. Todas las puertas de entradas a las habitaciones tienen 72 cm. Excepto los cuartos de baño, los armarios empotrados y la puerta principal de la vivienda. Con esta medida se puede determinar las medidas de toda la vivienda.

Sin embargo en un plano de construcción, se debe de dar todas las medidas, el obrero que construye no puede andar calculado distancias haciendo uso de calculadoras. Se le deben de dar todas las medidas para que no necesite hacer cálculos.

Caso bien distinto de un plano de venta, que solo se pretende dar una idea de como es la mesa, con dos cajones distintos de ancho y largo, o el ejemplo anterior de un piso, que solo se pretende informar de cuantas habitaciones tiene y la proporción que existe (escala) entre ellas.

En electricidad se emplean mucho los planos para la construcción de cuadros eléctricos, así como para la representación de edificios para indicar la colocación exacta o aproximada de los puntos de luz.

Los planos de representa siempre a escala y sobre ellos se coloca la medida (Preferentemente en milímetros). La distancia entre dos un punto y otro se llama cota

Acotar un plano es colocar todas las medidas necesarias para poderlo construir sin tener que preguntar. A veces, conque falta una solo cota, hace imposible construir la pieza.

No puede faltar ninguna cota, tampoco se deben de repetir acotaciones

La cota se coloca donde se vea con mejor claridad, desplazándola con líneas paralelas, llamadas líneas auxiliar de cota, la línea de cota debe terminar en flecha, y en el centro de coloca la cifra de la cota (la medida)

La cifra de la cota debe de poderse leer desde abajo, o bien desde la derecha, ninguna cota puede ponerse de manera que halla que rotar el plano a la izquierda, y mucho menos en redondo.

Si la cifra de la cota no cabe entre las dos líneas auxiliares que delimitan la distancia, la cifra se anota por fuera

Las líneas de cota no se deben de cruzar. Las líneas de cota deben de terminar en flecha o en trazo inclinado. (Figura 10 y 11)

Las líneas auxiliares de cota y las cotas se hacen con un grueso distinto de la pieza que se representa, esta líneas no deben de tocar la pieza siempre se deja como a un milímetro de la pieza

Cuando el lado derecho es igual al lado izquierdo, en el centro de la imagen se representa el eje de simetría por una línea de trazos cortos y punto entre ellas. La línea de simetría se traza sobre la parte media de la vista más alta

Siempre aparecerán en el plano las cotas máximas. Las cotas intermedias no son necesarias que parezcan todas, siempre que restando o sumando se pueda calcular la que falta. La operación de suma o resta no debe de incluir más de dos cotas, es decir: Si para averiguar una distancia, hay que hacer una suma y luego hacer una resta, el plano no está bien definido y puede darse errores. Debe de evitarse más de dos sumandos.

10. E EMPLOS DE PLANOS DE UNA SOLA ISTA OB ETOS REDONDOS .

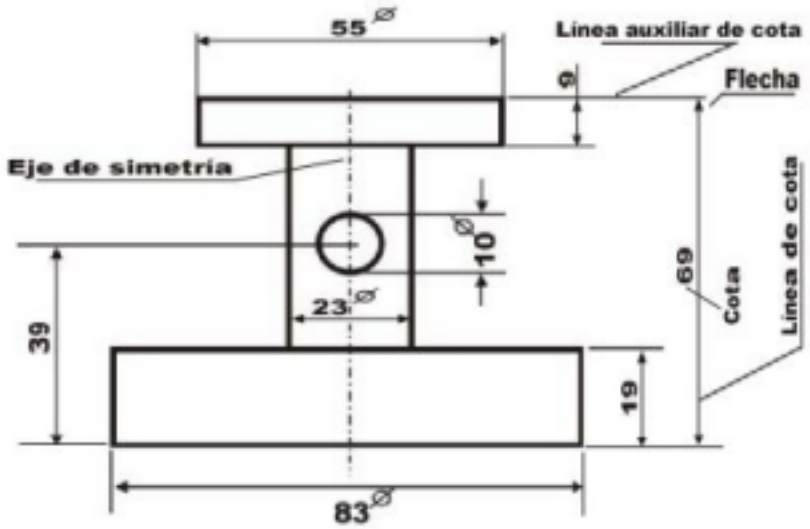


Figura 10 PLANO DE UNA PIEZA CIRCULAR

En algunas ocasiones, lo que interesa es dibujar el **interior de una pieza**, entonces se dibuja lo que se llama un **corte de la pieza**. Es como si se cortara la pieza por el eje de simetría y apareciera el interior. Para indicar que el plano representa un corte, se trazan líneas inclinadas finas y no demasiados juntas. Si es preciso resaltar un detalle se hacen cortes con líneas de simetría a las que se colocan dos letras consecutivas A, o DE, y luego se pintan estos cortes ampliados diciendose Corte por la línea A y corte por la línea DE

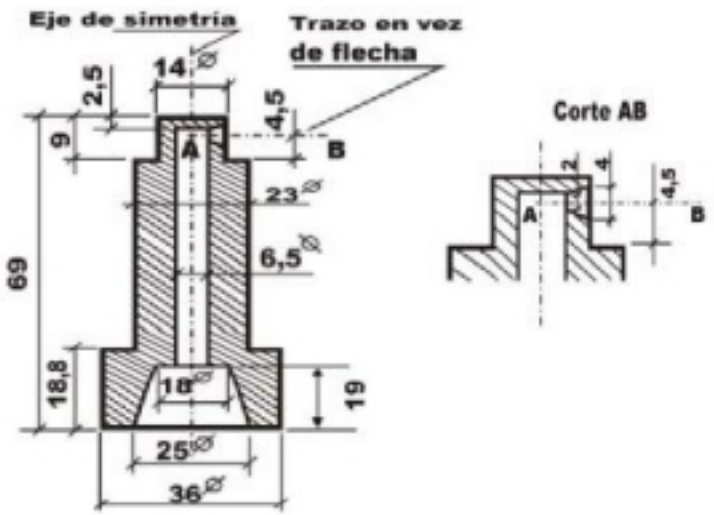


Figura 11 CORTE DE UNA PIEZA CIRCULAR

10. ORMATOS DE HO AS

Para el sistema DIN el formato de hoja se divide en

Formato A0 que tiene 841 mm de ancho por 1.189 que es una superficie de 1 m^2

Formato A1, que es la mitad del formato A0 (m^2)

Formato A2, también la mitad del formato anterior (1 4 m^2)

Formato A3, la mitad del formato A2 y también la octava parte del A0

El formato A4, es el más usado en todo el mundo, que es la mitad del formato A3 o dicho de otra forma, el formato A3 es el doble del A4 (1 16 m^2)

Aún existen dos formatos más pequeños el A5 y el A6 que se usan para cartas (ver figura 12)

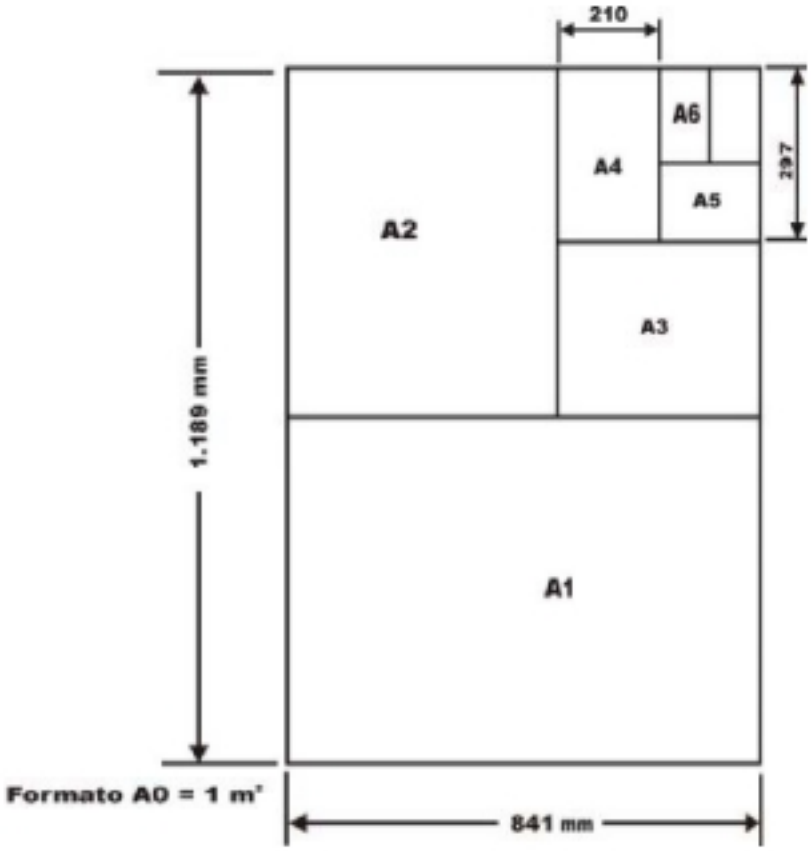


Figura 12 FORMATOS DIN PARA TAMA OS DE HO AS

12. ORMATO PARA DIBU OS

Se aconseja que cuando se emplee el formato DIN A4, se deje un margen de 10 mm alrededor del espacio reservado para el dibujo y a la izquierda 20 mm para encuadernación, y debajo otro espacio para rotulación, donde se ponga el título, el nombre del dibujante, fecha escala y otros dato de identificación que se refieran a la empresa, taller y persona que revisa y asume la responsabilidad de los datos

Figura 13 FORMATO PARA DIBU O

Al cajetín de rotulación se le suele dar un formato estandarizado por cada empresa a fin de que todos contengan el logotipo de la empresa que los creó, y que ajuste a unos criterios de archivo que la empresa crea conveniente para su fácil identificación.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 2
Equipos electrónicos de maniobra
y dispositivos de regulación y control

Tema 3
Mando eléctrico

Tema 3
Mando eléctrico

1. Mando eléctrico 1
2. Interruptores manuales 1
3. Contactores 5
4. Aplicaciones del contactor 6
5. Circuitos de utilización 6
6. Constitución del contactor 8
7. Corte de la corriente. El arco eléctrico 15
8. Recambios 15
9. Diversos tipos de contactores 16
10. Seccionadores 18
11. Conmutadores de potencia 19
12. Relés térmicos protectores 21
13. Guardamotor 21
14. Botoneras de mando 22
15. Accionamiento de la botonera 24
16. Inscripciones 25

Tema 3

Mando eléctrico

1. MANDO EL CTRICO

Mandar sobre un circuito eléctrico supone ponerlo en marcha o pararlo de forma manual, también invertir la marcha, pero lo más interesante es hacerlo de forma automática, cuando se cumplan una serie de condiciones que se impongan, como cerrar un circuito de lámpara a una hora determinada y abrirlo a otra hora, encender una calefacción cuando la temperatura sea inferior a 16 grados y apagarla cuando pase de 24, son ejemplos de mando eléctrico manual y automático.

2. INTERRUPTORES MANUALES

Son aquellos que se ponen en marcha cuando una persona se desplaza hasta donde esté situado el interruptor y lo acciona a mano. Cuando el interruptor manual es de tipo magnetotérmico se le pueden añadir lateralmente dispositivos de desconexión a distancia, también admiten contactos auxiliares para encender o apagar luces de posición, que indican a distancia el estado del interruptor.

Los interruptores **seg n su forma de montaje pueden ser**:

De superficie, para empotrar, tras cuadro

Figura 1 TERMINACIONES PARA MONTA ES

Los interruptores de superficie se suelen montar sobre tableros, de PVC a fin de separarlos de la pared, pero pueden perfectamente situarse sobre la pared, cuando se trata de un solo interruptor si son más de uno, concentrados en un punto se recurre siempre al tablero, que en muchos casos se les llama pizarra, porque los antiguos tableros iban montados sobre pizarras planas, muy parecidas a las lápidas. Todavía suelen encontrarse algunas de estas pizarras en antiguos talleres, estas pizarras pesaban muchísimo, eran frágiles y además en situaciones de humedad daban calambre, que se podía comprobar fácilmente colocando un buscapolos sobre su superficie.

Los interruptores para empotrar se utilizan para pequeña potencia colocados individualmente, sin embargo, se comenzaron a utilizar para colocarlos de manera contrada sobre paneles de hierro, en chapa de 0 6 mm de grueso. Su montaje era muy laborioso habia que marcar y taladrar la chapa con mucha precisión. Tenían el inconveniente de que una vez instalados, era muy difícil modificarlo, incluso para reponer los interruptores averiados por otro de las mismas características, ya que había que suprimir todo el servicio. Sin embargo fue un sistema que rápidamente se extendió como sustitución más adecuada a los cuadros de pizarra.

Con los interruptores tras cuadro se inicia un nuevo modo de acabados de cuadros. Las fábricas de material eléctrico construyen ahora interruptores que se pueden fácilmente dividir en dos piezas, por un lado hay un bloque de contactos que se atornilla al fondo del armario y por otro está el mando o maneta que se atornilla a la puerta del armario. Cuando la puerta está cerrada el interruptor puede manipularse normalmente, al abrir el armario el mando se separa del bloque de contactos y ya no puede manipular.

Por el n mero de polos se clasifican en:

Unipolar o monofásico, bipolar o bifásico, tripolar o trifásico y tetrapolar

Los interruptores pueden servir indistintamente para corriente continua o alterna, es decir; sirven para conductores de fases o conductores de polos, por estos se denominan indistintamente monofásico, bipolar, trifásico, tretapolar o unipolar, bipolar o tripolar.

Los motores trifásicos al no tener neutro utilizan **interruptores trifásicos**. El neutro no se interrumpe.

El alumbrado en la mayoría de las veces se hace tomando una fase y el neutro, para apagar el alumbrado, basta con cortar uno de estos dos conductores activos. Generalmente se corta la fase, pero si se corta el neutro existe el peligro de dejar con tensión el otro conductor.

El nuevo reglamento exige que, para evitar errores, en una vivienda se han de cortar los dos conductores activos, la fase y el neutro al mismo tiempo. Dicho de otra forma, los **interruptores monofásicos** están prohibidos para el alumbrado monofásico, debe emplearse los **interruptores bipolares**.

Figura 2 CLASIFICACIÓN POR EL N MERO DE POLOS

Los **interruptores tetrapolares** raramente se usan, se fabrican y están en el mercado pero se usan poco, suelen ver más en el alumbrado trifásico.

Los interruptores que abren o cierran todos los conductores al mismo tiempo de se denominan de **corte omnipolar**

Por su forma de construcción:

Abiertos, Cerrados, de bloque, modular. Con mando de rotación, de palanca o basculante, y con mando a pulsador.

Son abiertos o sin protección o de protección 00 (doble cero), los antiguos interruptores de cuchilla, que hoy día solo pueden verse en alta tensión.

En baja tensión todos los interruptores son cerrados, el mando puede ser rotando, en un solo sentido o en ambos sentidos. También el mando puede ser a pulsador. Con un pulsador para cerrar, y otro para abrir. Los interruptores de palanca, generalmente son de alto consumo. Si la palanca es corta se llama basculante.

Figura 3 AGRUPACIÓN DE INTERRUPTORES POR SU FORMA DE CONSTRUCCIÓN

Por la forma de sujeción:

Frontal, con espigas, de mando prolongado, sobre riel, sobre cuadro

La forma de sujetar un interruptor en el cuadro general puede ser muy diferente, generalmente por tornillos, cuando se trata de interruptores de más de 100 A y con clip de sujeción para los de menos de 100 A

Una versión ya desaparecida, era la de interruptores con espárragos, que se atornillaban por detrás del interruptor y al mismo tiempo que sujetaba el interruptor a la pizarra, este espárrago servían de entrada o salida de la corriente. Estos mismos interruptores se podían poner sin los espárragos, utilizando tornillos.

Figura 4 FORMAS DE COLOCACIÓN

3. CONTACTORES

Cuanto más elevadas son las intensidades de corriente, de mayores dimensiones deben ser los interruptores que efectúan la operación de abrir o cerrar circuitos. Los interruptores manuales se hacen pesados y difíciles de manejar, y la operación de apertura y cierre del circuito; cada vez más lenta; al mismo tiempo, aumenta el peligro para la persona que maneja el mecanismo. **A mayor amperaje mayor riesgo**.

Con el fin de aumentar la seguridad del operario, la rapidez de la maniobra, y la facilidad del manejo, se utilizan cada vez más, **los contactores en sustitución de los interruptores manuales.**

Los llamados contactores, hacen la función **del mando a distancia gracias al electroimán** que cierra los contactos de una manera rápida, potente y precisa.

La operación inversa; es decir, la apertura del circuito, igualmente tiene que ser rápida, para evitar la formación del arco; que deformaría los contactos, de tal manera que, incluso, puede llegar a destruirlo del todo. Para evitar esto, **los contactores llevan unos muelles antagonistas a la acción magnética de la bobina y en cuanto cesa la atracción separan los contactos**; sin que lleguen a dañarse por la corriente de ruptura.

El contactor es un aparato de mando a distancia, que solo tiene dos posiciones; **abierto** o **cerrado**. La operación de abrir, o cerrar, un circuito puede efectuarse, indistintamente, **en vacío**, o **en carga**.

El contactor, se puede acoplar a cualquier clase de circuito; aunque **su principal aplicación es efectuar las maniobras de apertura y cierre de circuitos relacionados con instalaciones de motores**. Son utilizados en todo los circuitos.

4. APLICACIONES DEL CONTACTOR

Las características de los circuitos de utilización varían, y por ello, los contactores diferirán unos de otros, según su aplicación. Se puede hacer una clasificación de aplicaciones y determinar las características de los contactores en función de esta exigencia.

En todas las aplicaciones se tendrá en cuanta **la tensión de la red**, **la potencia instalada** y **el n mero de cortes**, así como **la duración del arranque**; a veces incluso **el ambiente que rodea el lugar de colocación de los contactores**.

Con todos estos datos se elegirá el más adecuado, según las recomendaciones de los distintos fabricantes, que, en función de estos datos, nos presentan, en catálogos comerciales, la gama de contactores más idóneos al uso que se destinan.

5. CIRCUITOS DE UTILIZACIÓN

Los contactores se pueden aplicar a cinco clases de circuitos:

- **Como interruptor general**, son imprescindibles cuando la instalación está equipada con grupos electrógenos alternativos por falta de tensión en la red
- En los **circuitos de alumbrado**, en combinación con un interruptor horario o cualquier otro sistema de encendido automático
- Los **circuitos de calefacción** eléctrica, utilizan el contactor en combinación con un termostato
- El factor de potencia de una instalación eléctrica varía constantemente en función de los motores que se conectan o se paran, pera corregir el factor de potencia es necesario emplear el contactor, de forma que el **acoplo de condensadores** se haga de forma automática, en función de lo que varíe el factor de potencia.
- Motores: El uso principal que se da a los contactores es la protección de motores, de momento no hay otra protección mejor. Cuando un motor está protegido con un contactor y un térmico, a este conjunto se le da el nombre de **uardamotor**.

Los diversos circuitos de utilización pueden ser los siguientes:

Circuitos de distribución de una instalación receptora	El número de maniobras son poco importantes y la duración del servicio casi permanente, únicamente se ve afectado por la ausencia de corriente. Pueden estar sometido a sobrecargas.	
No llevan térmico	Contactor de gran calibre. De alto poder de corte.	Dispositivos de protección por fusibles. (También por relés de máxima intensidad, y de mínima tensión).

Circuitos de alumbrado	Un circuito de alumbrado no esta sometido a corrientes de sobrecargas, únicamente la corriente punta del arranque.	
No llevan térmico	La apertura del circuito producirá un arco importante. El contactor será de intensidad superior al de la corriente.	La protección de fusibles contra cortocircuito. Para el cálculo se considerará un factor de potencia de 0 5.

Circuitos de calefacción	Un termostato conecta o desconecta el circuito con una periosidad que se considera baja	
No llevan térmico	Corte en carga. La intensidad de punta no sobrepasa de 2 a 3 veces **In**	Protección de fusibles contra cortocircuito. Para el cálculo se considerará un factor de potencia de 1.

Acoplamiento de condensadores	Para mejorar el factor de potencia de una instalación	
No llevan térmico	La punta de carga es igual a un cortocircuito, aunque durante un tiempo muy breve	La corriente de empleo es 1 3 veces la **In**. **No llevan térmico**

Motores asincrono de jaula de ardilla	El número de maniobras puede ser muy importante.	
Siempre llevan térmicos adecuados al motor.	Las intensidades de corriente son idénticas a las del consumo, las intensidades de punta no son necesarias tenerla en consideración	Deben ser protegidos por cortacircuitos fusibles. Por cada motor un contactor, con su térmico.

6. CONSTITUCIÓN DEL CONTACTOR

Las partes que conforman un contactor son:

La carcasa o estructura, donde se fijan todos los componentes. Forma un conjunto cerrado, presentando una vista simular a la de la figura 5, que puede ser sujetado mediate tornillo a su suporte; o bien, como en los de pequeño peso, mediante garras a perfiles simétricos, sin necesidad de tornillos. **Estas estructura dispone además de escotaduras apropiadas para acoplar elementos auxiliares**, como bloques de contactos, o dispositivos de enclavamiento mecánico.

Otra característica propia de los contactores modernos es la poderse desmontan sin necesidad de herramientas especiales, solo con la ayuda de un destornillador.

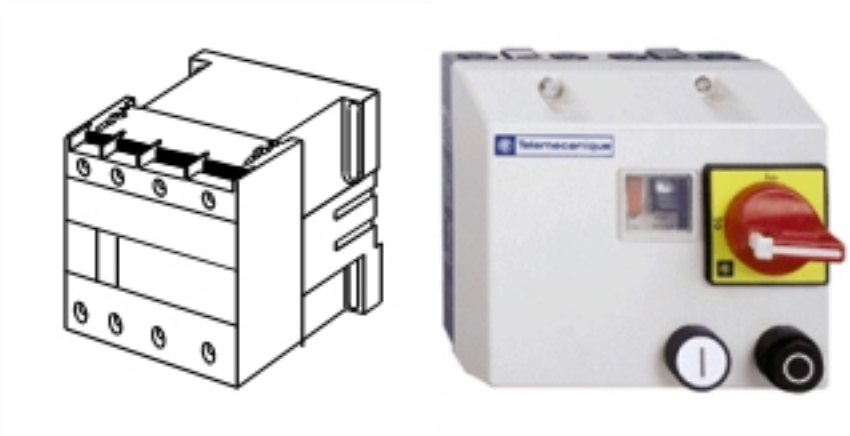


Figura 5 VISTA DE UN CONTACTOR SIN PROTECCIÓN EN CA A PROTECTORA

El electroimán, formado por un circuito magnético y la bobina

Circuito magnético: Dividido en dos partes; la fija, unida a la bobina, y el móvil; unido a los contactos.

Bobina: Recambiable, con una gran gama de voltajes. Aunque lo normal, es que se encuentre en el comercio a 230 voltios; para otras tensiones como 400 V, se pedirá aparte, indicando la tensión de trabajo de la bobina.

Contactos: Tres principales y al menos uno auxiliar. Todos son fácilmente recambiables.

Contactos principales: Elementos que destinados a las corrientes de trabajo del circuito, forman un puente con tres contactos que se abren, o cierran, al unísono (omnipolar), para dar paso, o cortar, la corriente de fuerza.

Contactos auxiliares: Realiza las funciones de señalización enclavamiento y autoalimentación. Cuando es necesarios un mayor número de contactos auxiliares, se pueden añadir bloques de contactos auxiliares que se acoplan fácilmente por simple presión en las escotaduras de la carcasa.

CIRCUITO MA N TICO

El electroimán desarrolla todo el trabajo necesario para que actúe el contactor. Mediante el **circuito magnético y la bobina**. Su forma varia en función del tamaño de los contactos principales, incluso depende de la naturaleza de la corriente de alimentación en alterna o continua.

El circuito magnético

Está compuesto de dos partes fundamentales: **El n cleo fijo donde se aloja la bobina**, y **la armadura parte móvil que en su desplazamiento produce la apertura y cierre de los contactos principales y auxiliares**.

La armadura se puede acoplar de distintas forma: **por movimiento de rotación** Figura 6 y 7 o **por movimiento de traslación** (figura 8).

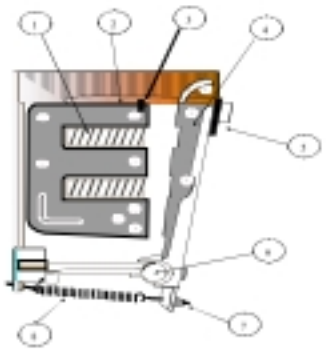


FIGURA 6 ELECTROIMÁN BASCULANTE

Componentes del electroimán de rotación

1 Bobina	2 Armadura fija	3 Anillo de desfase	4 Armadura móvil
5 Amortiguadores	6 Eje de rotación	7 Tornillo de ajuste	8 Muelle de retorno

Son electroimanes de gran potencia; capaz de mover la mayor maza que corresponde a unos contactos principales de gran tamaño; la figura 7 muestra una vista frontal, en la que se aprecia las grandes proporciones de los contactos principales.

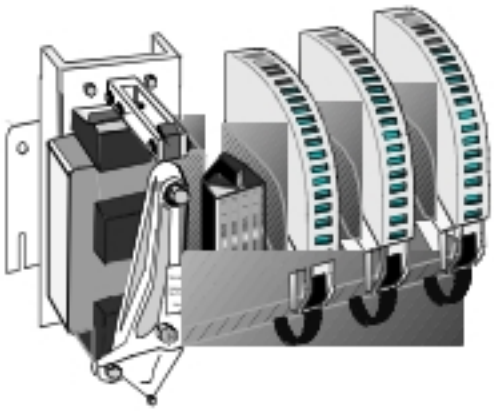


Figura 7 VISTA FRONTAL DE UN CONTACTOR DE ROTACIÓN

Con el fin de disminuir las dimensiones exteriores del contactor, los de menor amperaje, presentan una terminación compacta. La bobina queda encerrada dentro del bloque, tal como muestra la figura 8; que represente el corte de un **contactor de traslación**, cuya vista exterior se corresponde con la anterior figura 5.

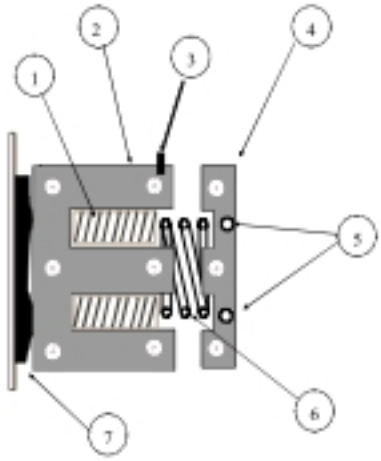


Figura 8 CONTACTOR DE TRASLACIÓN

Corte del contactor de traslación

1 Bobina	2 Parte fija del circuito magnético	3 Anillo de desfase	4 Parte móvil del circuito magnético
5 Parte donde se afianza el puente de los contactos		6 Resorte de retorno	7 Amortiguador

La **distancia que existe entra la parte móvil o armadura y la parte fija o n cleo**, se denomina ***entrehierro***. Este espacio tiene que ser suficiente, para el imán remanente, no mantenga unida las dos partes del circuito magnético cuando cese la corriente. Para que no se produzca esto, todo los contactores disponen de resortes de retorno; que, además, tiene la misión de garantizar una apertura brusca.

Con el fin de reducir las corrientes de Foucault, la masa metálica que componen **el circuito magnético está formado por chapas de acero al silicio ensambladas con remaches**. Para asegurar un funcionamiento silencioso, las parte por donde se unen, la fija con la móvil, están rectificas. Con este mismo fin, los contactores llevan una o dos espiras de Frager; en las figuras 10 y 12 está marcada en ambas, con el número 3. La espira de Frager, crea un flujo retrasado al flujo principal. De esta manera, cuando la corriente alterna pasa por el punto nulo, no desparece la atracción magnética; el resultado es que se eliminan las vibraciones de la armadura y el ruido que esta vibración produciría. Cuando la corriente es continua, no se presentan en el núcleo pérdidas por calentamiento que produce la corriente de Foucault, el núcleo puede ser macizo, con poco mecanizado y de construcción robusta (figura 9).

Seg n el tipo de corriente con la que vaya a trabajar el electroimán, el n cleo debe ser distinto para un correcto funcionamiento.

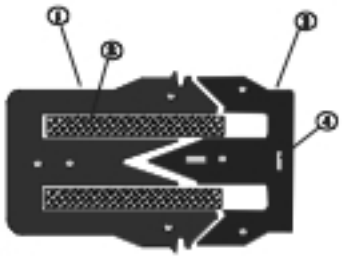


Figura 9 ELECTROIMÁN DE CORRIENTE CONTINUA

Electroimán de traslación para corriente continua

1 Parte fija del circuito magnético	2 Bobina	3 Armadura o parte móvil
4 Alojamiento para puente de contactos		(El resorte de retorno no está representado)

Por regla general **los relés casi todos funcionan en corriente continua**, y los contactores en corriente alterna. Lo cual no quiere decir que sea siempre así, hay ocasiones que sucede todo lo contrario, que los pequeños relés trabajan en alterna y los contactores con corriente continua; son las excepciones.

Un núcleo formado por chapas puede ser utilizado sin inconveniente en corriente continua. Pero los núcleos de corriente continua no pueden usarse en corriente alterna.

Cuando se utiliza corriente continua, **la intensidad de atracción** de la armadura no es la misma que la **intensidad de mantenimiento** en la posición de cierre, por lo que no puede mantenerse mucho tiempo la corriente de inicio, ya que la bobina experimentaría un excesivo calentamiento. En los casos de corriente continua, la bobina empleada debe ser insertada una resistencia de reducción de consumo, en el circuito de mando de la bobina después del cierre del contactor; la figura 10 es el esquema de este circuito. Con el circuito en reposo la resistencia queda anulada mediante el puente del contacto cerrado. Cuando la bobina actúa la resistencia de reducción de consumo se pone en serie con la bobina de forma automática.

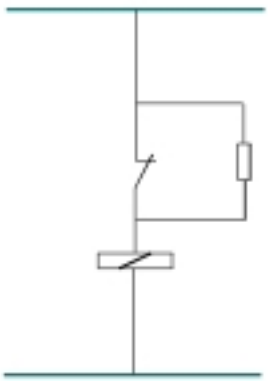


Figura 10 ES UEMA DE CONEXIÓN DE BOBINA PARA CORRIENTE CONTINUA

El valor de la resistencia será el adecuado para cada tipo de contactor.

LA BOBINA.

La bobina produce el flujo magnético necesario para la atracción de la armadura del electroimán. Según el modelo de contactor, se montas sobre una o dos partes del núcleo. Esta concebida para resistir los choques mecánicos debidos al paso de la corriente por sus espiras.

Con el fin de reducir las choques, mecánicos, la bobina o núcleo, a veces los dos. Se montan sobre amortiguadores.

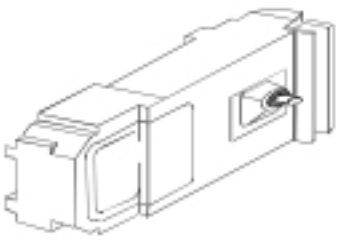


Figura 11 BOBINA ENCAPSULADA PARA CORRIENTE CONTINUA

Las bobinas empleadas actualmente son muy resistente a las sobretensiones, a los choques, a las atmósferas agresivas; están realizadas en hilo con cobre esmaltado reforzado; algunas son sobre moldeadas (encapsuladas).

En corriente alterna el inconveniente de necesitar una tensión de tracción diferente de la tensión de mantenimiento no se presenta, por tanto, **el uso de la resistencia en serie con la bobina tan sólo se utiliza cuando la corriente es continua.**

Las tensiones normalizadas de las bobinas son las siguientes:

C.A. 50 Hz:

24 V, 32 V, 42 V, 48 V, 110 V, 127 V, 220 230 , 240 V, 380 400 , 415 V, 440 V, 500 V, 660 V.

CC:

24 28 , 42 48 V, 110 127 V, 220 250 V, 380 415 V.

LOS CONTACTOS PRINCIPALES

Son los encargados de establecer o interrumpir la corriente en el circuito de potencia. Por consiguientes, están dimensionados para permitir el paso de la corriente nominal del contactor en servicio continuo y sin calentamiento anormal. (Téngase en consideración las tablas de los distintos **circuitos de utilización** de la página 7)

Se componen de una parte fija y otra móvil, esta última provista de resortes que transmiten una buena presión a los contactos, ya sean de simple corte (basculante), o de doble corte (de traslación).

Los puntos de unión de los contactos, están generalmente equipados de contactos de plata oxido de cadmio, material inoxidable de gran resistencia tanto mecánica como al arco eléctrico.

En algunos contactores actuales, el lugar de unión de los contactos está rodeado de láminas de hierro paralelas y sin unión, es un dispositivo para facilitar la extinción el arco (apaga chispas o sistema de soplado de la figura 13) que se forma entre la parte fija y la parte móvil, cuando el contactor Corta la carga .

Para resolver determinados problemas de automatismo, los polos ruptores funcionan al contrario de los polos de cierre. Sus contactos que están cerrados cuando el electroimán de mando no está alimentado, y abierto cuando se alimenta el electroimán.

LOS CONTACTOS AUXILIARES

Los contactos auxiliares aseguran la **autoalimentación**, los mandos y el enclavamiento de los contactores, al igual que la señalización en los equipos de automatismo.

Existen varia versiones:

NA (En Inglés **NO**)	Contactos instantáneos de cierre NA. *Abierto cuando el contactor esta en reposo* y cerrado cuando el electroimán está con tensión
NC (En inglés **NC**)	Contacto instantáneo de apertura NC. *Cerrado el contacto está en reposo* y abierto cuando el electroimán está en tensión
NANC	Contactos instantáneos NANC. Cuando el contactor está *en reposo unos del contacto esta cerrado mientras el otro esta permanentemente abierto.* Cuando se alimenta el electroimán, los contactos se invierten. El puente móvil es común a los dos contactos. Existen tres bornes de conexión
NC + NA	Contactos instantáneos DOBLES (NA NC o bien NA NA). Cada contacto posee su propio puente móvil. No hay ningún punto común, y las entradas con salidas están independientes. Tiene cuatro bornes de conexión
NC + NA	Contactos temporizados (NA NC o bien NA NA). Los contactos se establecen o se separan **un tiempo después** de la apertura del cierre del contactor que les acciona.

7. CORTE DE LA CORRIENTE: EL ARCO EL CTRICO

La apertura de un contactor tiene, generalmente, por finalidad interrumpir la corriente eléctrica que, previamente atravesaba los contactos. Generalmente las cargas son inductivas y, por tanto, la corriente no se interrumpe instantáneamente, sino que se establece un arco eléctrico como muestra la figura 12.

Figura 12 ARCO ELÉCTRICO

La duración del arco debe ser breve. No muy larga para evitar la destrucción de los puntos de contacto, tampoco muy corta para evitar las sobretensiones de ruptura.

Con el fin de anular estos efectos entre los dos contactos donde se va a producir una ruptura eléctrica se introducen **cámaras apaga chispas**. La resistencia de un arco depende del número de placas ferromagnéticas que se interpongan entre los bornes de contactos.

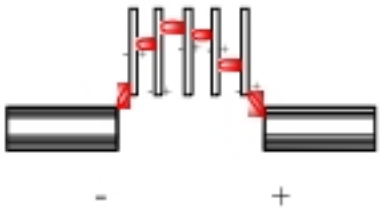


Figura 13 APAGA CHISPAS

Las piezas metálicas alojadas en al cámara apaga chispas, de la figura 13, tienen por misión estirar el arco, produciendo un soplado magnético que rápidamente enfría el centro del arco, absorbiendo el calor desprendido por efecto joule, y reduciendo el riesgo del cebado.

8. RECAMBIOS

Para casi todos los tipos de contactores, de todas las marcas, existen recambios; no sólo de **la bobina**, sino de los **contactos principales y auxiliares**. Cuando es necesario recambiar unos contactos, hay que hacerlo no sólo del contacto en sí, también es necesario cambiar los muelles destinado a ejercer la presión de los contactos; pues cuando unos contactos se queman, los muelles se destemplan y ya no hacen la presión necesaria para mantener el contacto.

No hay recambio de la carcasa, el **circuito magnético** y **los bornes de conexión**. A veces, sucede que al aflojarse un borne se quema el contacto y también la carcasa; en este caso, el recambio posible es la reposición completa de todo el contactor.

9. DI ERSOS TIPO DE CONTACTORES

La apariencia externa de un contactor es la de figura 14, pero no todos los contactores son físicamente iguales, los hay de bajo consumo y dimensiones reducidas (figura 15), de alto consumo (figura 16), modulares (figura 17), y compactos (figura 18).

14 CONTACTOR CLÁSICO DE 10 A 60 A

Figura 15 MINI CONTACTOR

Figura 16 CONTACTOR DE 100 A 800 A.

Figura 17 CONTACTOR MODULAR SOBRE RIEL TRIFÁSICO BIPOLAR DE 6 A 10 A

Figura 18 CONTACTOR COMPACTO DE UN ELEMENTO DE DOS ELEMENTOS DE 6 A 10 A

10. SECCIONADORES

En alta tensión se llama así a los interruptores, que se abren (o cierran) en ausencia de tensión, con ayuda de una pértiga de maniobra.

Figura 19 PRIMITIVO SECCIONADOR UNIPOLAR DE ALTA TENSIÓN

En baja tensión, se denominan seccionadores a los **interruptores magnetotérmicos que cuando saltan por sobrecarga quedan atrapados en un resorte**, de tal manera que no permite se pueda volver a conectar de nuevo. Para volverlo a conectar hay que volver la palanca hacia abajo (abrir), para que salte el resorte de raerme y después cerrar subiendo la palanca.

Figura 20 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO SECCIONADOR

Los fusibles colocados de forma solidaria, de forma que al quitar uno se quitan los otros dos, **se llaman fusibles seccionadores**, por actúan como si fuese un interruptor.

Figura 21 FUSIBLE SECCIONADOR

Un seccionador, por tanto, pueden ser un interruptor de alta tensión, un interruptor magnetotérmicos de baja tensión o fusibles de bloque. Normalmente **todos los interruptores automáticos de más de 60 A son de tipo seccionador disyuntor.**

Un interruptor al ser alimentado por debajo, da corriente de salida por arriba, **el disyuntor no permite la inversión de la corriente**, sólo funciona en un sentido nunca al contario.

11 CONMUTADORES DE POTENCIA

Son dispositivos con dos entradas diferentes, (llamadas entrada principal y entrada auxiliar), y una sola salida. El conmutador de potencia normalmente está formado por dos contactores, o formado una sola pieza como el inversor de la figura 22

Figura 22 INVERSOR EN SU CA A DE PROTECCIÓN

No debe de confundirse un conmutador de potencia con un inversor

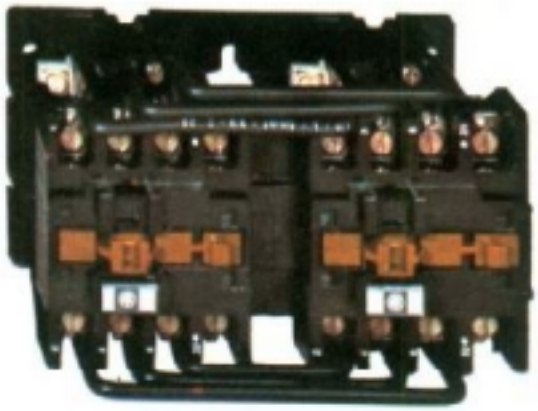


Figura 23 INVERSOR

No se debe de confundir un inversor con un conmutador de potencia, El esquema de conexión de ambos son muy similares un conmutador de potencia no tiene los puentes superiores del inversor, en la figura 24 pueden compararse ambos los esquemas de estos dispositivos de conexión.

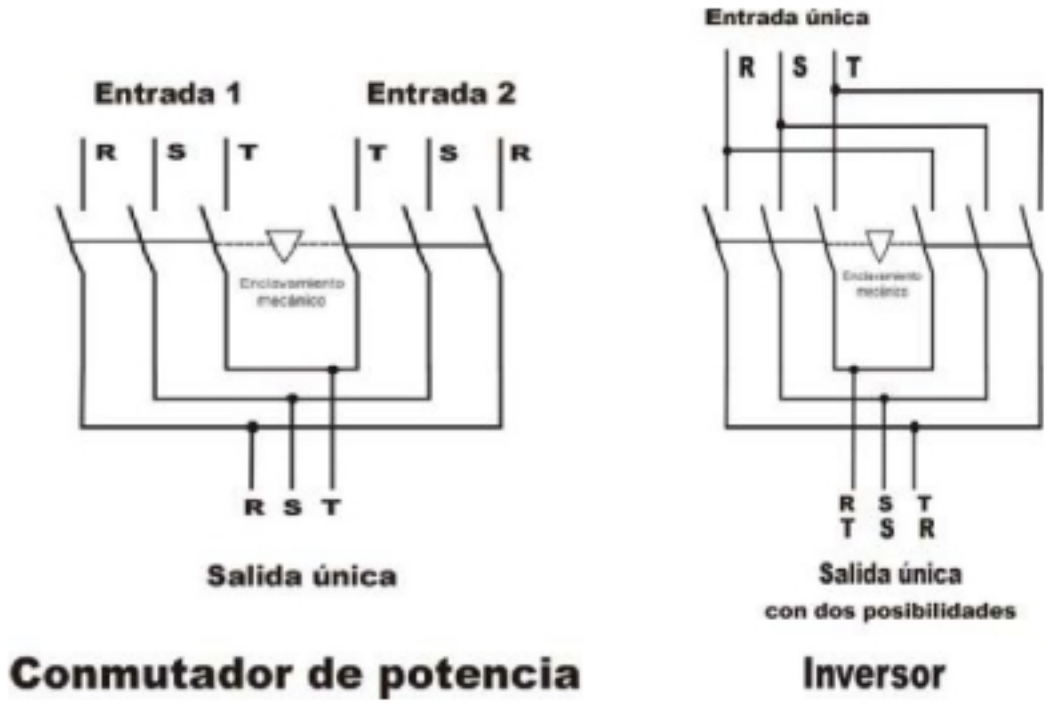


Figura 24 ES UEMA DEL CONMUTADOR DE POTENCIA DEL INVERSOR

El conmutador de potencia se utiliza para alimentar a los receptores con un sistema alternativo, cuando falta la tensión de la red. Consta de dos contactores entre los cuales se acopla un enclavamiento mecánico que impide que nunca puedan entrar ambos contactores al mismo tiempo. Las dos entrada de corriente deben de ser comprobadas para que por la salida única la sucesión de fases sea siempre la misma.

Con el inversor lo que hace es invertir el orden de sucesión de las fases, el motor girará en un sentido u otro según el contactor que se cierre. Consta de dos contactores entre los cuales se acopla un enclavamiento mecánico que impide que nunca puedan entrar ambos contactores al mismo tiempo. La diferencia física está en el puente superior.

12. REL S T RMICOS PROTECTORES

La protección de los motores se hace con los relés térmicos, instalados a la salida del contactor, al montaje de un contactor con un relé térmico se le da el nombre de:

13. UARDAMOTOR

El esquema de montaje de los contactores y guardamotores se da en las hojas de **introducción al automatismo** que siguen a este capítulo, la vista de los relés térmicos están representadas en las figuras 25.

Figura 25 ASPECTO DEL RELÉ TÉRMICO PARA CONTACTORES DESDE 0,1A, HASTA 200 A

Modernamente los térmicos, además de proteger contra el consumo excesivo, también protegen contra las derivaciones, o la falta de una fase. Se puede incluir pares térmicos dentro del motor que detecten la elevación de la temperatura y antes de que el motor se queme hace que se desconecte el contactor.

Figura 26 ASPECTO DEL RELÉ DE PROTECCIÓN ELECTRÓNICO

14. BOTONERAS DE MANDO

Dentro de lo que es el mando eléctrico, se ha de incluir los sensores, y las botoneras, a los sensores se les dedica todo el tema 5, aquí se va a tratar solamente del mando por impulso.

La botonera de marcha y paro (figura 27), es la más común de todas. Consta de un pulsador normalmente abierto para la puesta en marcha, y otro pulsador normalmente cerrado para el paro.

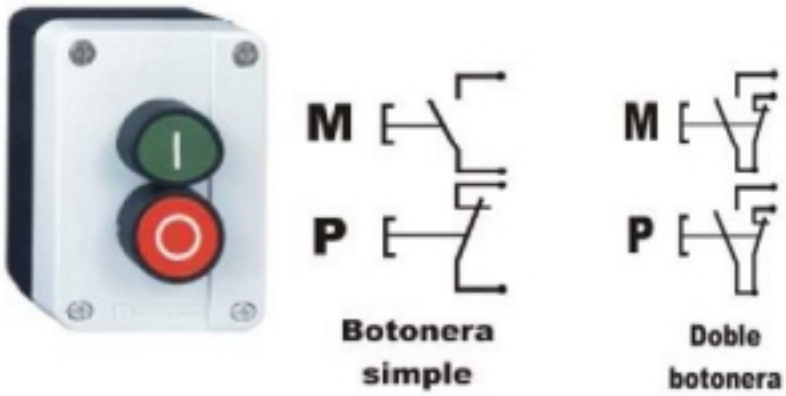


Figura 27 BOTONERA DE MARCHA PARO DE SUPERFICIE

En los botones se reserva el **color rojo para el paro**, el de marcha, puede ser, verde, negro, o cualquier color, suelen venir **grabado con 0 cero para el paro** y con la letra mayúscula **I i para la marcha**.

Se llama el pulsador, a la parte exterior sobre la que se actúa y la interior, la que no se ve, bloque de contactos. El **bloque de contacto puede ser simple** normalmente abierto, o normalmente cerrado. **También puede ser doble**, con un contacto normalmente abierto y otro contacto normalmente cerrado al pulsar se actúan sobre los dos contactos al mismo tiempo.

La botonera simple puede ser de cuatro tornillos o de tres, la doble botonera de seis tornillos u ocho tornillos.

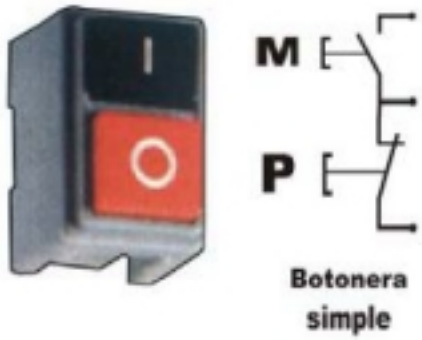


Figura 28 BOTONERA SIMPLE DE TRES TORNILLOS

Normalmente, las botoneras se suelen comprar desmontadas, en bolsas para luego montarlas en las cajas de botoneras.

Figura 29 CA AS PARA BOTONERAS

En la figura 29 puede verse un resumen de distintas cajas de botoneras, en el mercado pero, existan muchas más, de material plástico o metálicas.

En este campo de los pulsadores existe mucha variación, los ingenieros han trabajado muy a fondo para conseguir dar muchas soluciones al mando a distancia. Por ejemplo en un solo taladro han conseguido colocar: Un pulsador de marcha, un pulsador de paro y una lámpara piloto.

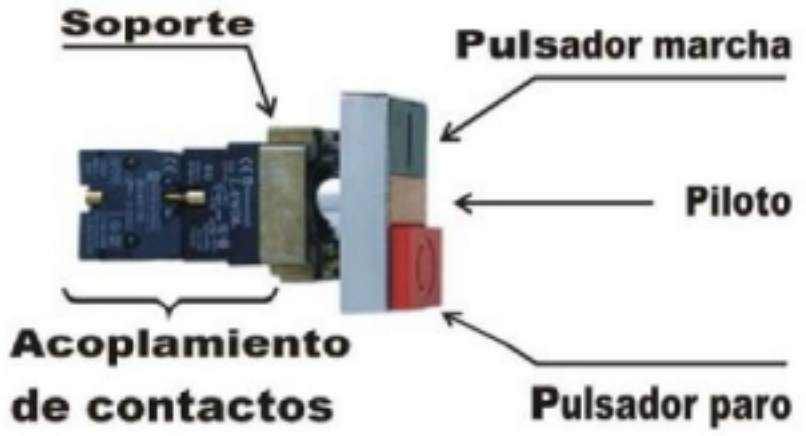


Figura 30 BOTONERA EN BLO UE PARA UN SOLO TALADRO

15. ACCIONAMIENTO DE LA BOTONERA

La operación de pulsar un contacto puede tener distintas soluciones, por ejemplo: Las botoneras salientes son rápidas de accionar pero tiene el inconveniente de que se pueden pulsar por accidente, en este caso los pulsadores embutidos son una buena solución, aunque el mando giratorio es una solución aún mejor.

Para evitar que personas no autorizadas pongan en marcha una máquina los pulsadores con lleve son un buen seguro siempre que no se trate de una seguridad total. El mando por puntos es una botonera que puede girarse pero que solo actúa en el punto que se haya seleccionado previamente.

La botonera de seta, es un paro de emergencia que puede pulsar cualquier persona, al apretarlo, el pulsador queda retenido y deja descontado el contactor. Para volver a poner en funcionamiento es preciso sacar el pulsador de paro girando este en el sentido que indica la flecha grabada en el frente.

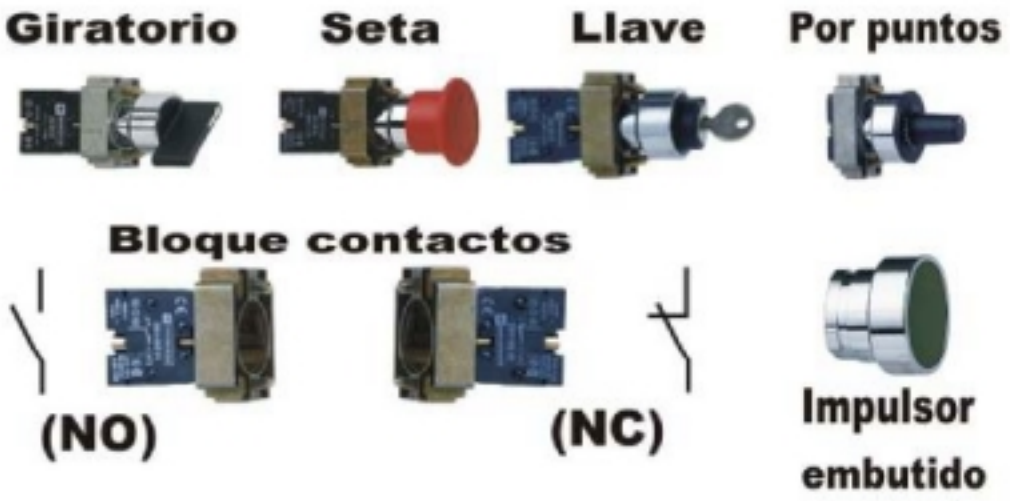


Figura 31 DIFERENTES FORMAS DE ACCIONAR UN PULSADOR

16. INSCRIPCIONES

Cuando en una botonera existen muchos botones parece lógico que cada botón debe de llevar su inscripción, el inconveniente es que cuando se ponga una inscripción esta no se borre, o se caiga. El fabricante para esto tiene pocas soluciones, es preciso llevar a un grabador las placas del pulsador para solucionar este importante problema.

La placa es pequeña y, siempre, hay que abreviar el letrero porque no cabe más que una sola palabra, si se trata marcha y paro se puede comprar con esta inscripción, lo malo es si se quiere escribir, centrifugadora inicial, centrifugadora intermedia y centrifugadora final, habrá que hacer un esfuerzo en inventar la forma de resolverlo.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 2
Equipos electrónicos de maniobra
y dispositivos de regulación y control

Tema 4
Automatismos eléctrico convencionales

Tema 4

Automatismos eléctricos convencionales

1. Automatismos 1
2. Componentes de un sistema automático 1
3. Mando manual 2
4. Relés 2
5. Contactos auxiliares 3
6. Temporizadores 4
7. Programadores 5
8. Principales maniobras semi automáticas 7
9. La inversión del giro en el motor trifásico 7
10. Doble acometida automática 10
11. Arrancador por sistema estrella triángulo 12
12. Arrancador por resistencias estatóricas 15
13. Motores de varias velocidades por conmutación de polos 15

Tema 4

Automatismos eléctricos convencionales

1. AUTOMATISMOS

Automatizar una acción implica el empleo de sistemas de control capaces de sustituir total o parcialmente al hombre en determinadas tareas, ejerciendo las acciones de forma fiable y satisfactorias

2. COMPONENTES DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO

La parte más importante de un automatismo son:

- Los sensores
- El mando manual
- Los relés auxiliares

El sensor es un elemento capaz de detectar la variación de una señal física y transmitirla al control central.

Los sensores se construyen de diferentes formas para que puedan percibir:

- Variación de temperatura
- Humedad
- Presión
- Caudal
- Posición física
- Presencia de gas
- Aproximación física

En el tema 5 se estudia con más profundidad las propiedades de los sensores.

3. MANDO MANUAL

Se dice que un sistema es automático cuando no necesita la intervención directa del hombre para su puesta en marcha. Si es preciso que para el inicio de la marcha el hombre manipule un interruptor o un pulsador el sistema se llama **semiautomático**. Este tema trata de los sistemas semiautomáticos. En el tema 3 de estudió con mas detenimiento el mando puramente manual.

4. REL S

El relé es como un contactor de pequeñas dimensiones, en que los contactos soportan muy pequeñas intensidades de corriente.

La armadura de un **relé** se asemeja al brazo de una balanza **N** (figura 1), de modo que éste bascula sobre un eje. Al conectar una corriente continua, entre los puntos **1** y **2**, el *electroimán* **E**, atrae a su armadura **N**, venciendo la fuerza del muelle **M**, o en otros casos, el de una lámina **L**. Cuando cesa la corriente, la fuerza del muelle vuelve a la posición inicial la armadura **N**.

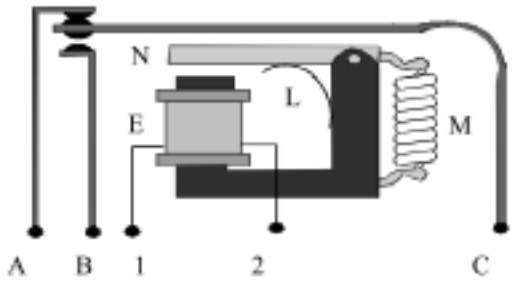


Figura 1 RELÉ

Solidario con la armadura **N**, y unido por piezas aislantes, está el doble contacto **C**; que en el extremo tiene, por la parte superior, y la inferior, una pieza de una aleación especial (pintada de negro en la figura), capaz de resistir las pequeñas chispas que se producen al cerrar o abrir el circuito de corriente.

Cuando el **relé** está en reposo; es decir; no hay corriente en la bobina **E**, existe una comunicación eléctrica entre los puntos **A** y **C**; cuando se excita la bobina, el efecto electromagnético del carrete atrae al núcleo, abriéndose el contacto **A C**, y al mismo tiempo, cerrándose el contacto **B C**. Se puede decir del relé, que es igual que un conmutador con mando eléctrico.

Existen **relés** que actúan a la vez con más de un conmutador, no existiendo en teoría límite para el número de contactos que han de abrir o cerrar al mismo tiempo.

Figura 2 DIVERSAS PRESENTACIONES COMERCIALES DE RELÉS

Figura 3 RELÉ AUXILIAR CON DOS CONTACTOS ABIERTOS DOS CERRADOS

5. CONTACTOS AUXILIARES

Los contactores normalmente **solo tienen un contacto auxiliar abierto**, con frecuencia la automatización de una maniobra requiere más de un contacto, para ello se utilizan los relés auxiliares y también los contactores auxiliares, que se añaden al contactor, a la mayoría de los contactores se les puede añadir un contacto auxiliar abierto o cerrado. También hay boques de dos contactos, de tres o incluso cuatro. En la figura 4, se ve un bloque de contactos auxiliares con tres contactos abiertos (NO) y uno cerrado (NC).

Figura 4 CONTACTOS AUXILIARES, PARA MONTAR SOBRE CONTACTOR

6. TEMPORIZADORES

El temporizador retrasa la acción del contacto, la bobina actúa, y todos los contactos que se mueven con ella; pero el contacto con dispositivo temporizado permanece en la misma posición hasta que no transcurre el tiempo previsto y luego actúa, los temporizadores pueden ser:

- Con retraso a la desconexión
- Con retraso a la conexión

Por la forma en que se produce la conexión desconexión los temporizadores pueden ser:

- Térmicos
- Neumáticos
- Electrónicos

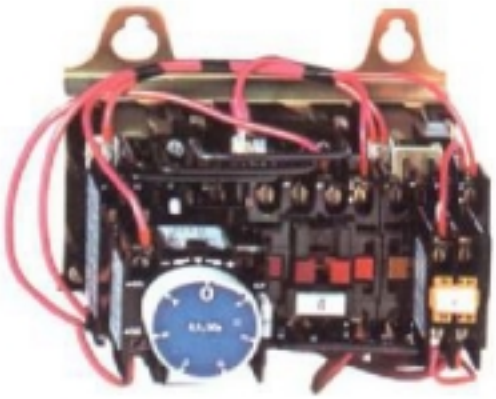


Figura 5 EN PRIMER TÉRMINO RELÉ NEUMÁTICO CON RETRASO GRADUABLE A LA CONEXIÓN

Figura 6 RELÉ TEMPORIZADO ELECTRÓNICO

7. PRO RAMADORES

Cualquier dispositivo que tenga un contacto que se abra o cierre, respondiendo a un tiempo graduable es un programador. Cuanto más contactos tengan, más caros serán. El reloj puede ser mecánico o electrónico, y los contactos normalmente son de tipo conmutador, al abrir un contacto se cierra otro.

Figura 7 RELO ANALÓGICO CON UN CONTACTO PROGRAMABLE

Figura 8 RELO DIGITAL CON DOS CONTACTOS PROGRAMABLES RESERVA DE 72 HORAS

Figura 9 AUTÓMATA CON RELO DIGITAL INTERNO VARIOS CONTACTOS PROGRAMABLES

8. PRINCIPALES MANIOBRAS SEMI AUTOMÁTICAS

Hay una serie de maniobras muy utilizadas como son:

- **Inversión de giro**, para máquinas que funcionan en doble sentido, como son las grúas, los ascensores, y las máquinas herramientas.
- **Doble alimentación** automática, para cuando falta la corriente de alimentación y se sustituye por la alimentación alternativa
- **Arrancadores**, por sistema estrella triángulo, o arranque por resistencias estatóricas
- Motores de varias velocidades por **conmutación de polos**

9. LA IN ERSIÓN DEL IRO EN EL MOTOR TRI ÁSICO

La inversión del giro se consigue **cambiando dos fases**, para lo que hace falta dos contactores con dos contactos auxiliares un **NO** y un **NC** por cada contactor, también un enclavamiento mecánico. El enclavamiento mecánico, a veces se sustituye por un doble enclavamiento eléctrico, utilizando pulsadores de doble contactos.

El mando del inversor requiere una botonera de mando de tres botones, **dos de marcha** y **uno de paro**.

Para cambiar el sentido del giro es necesario parar y esperar que el motor se pare. Caso de no esperar y dar la orden de giro en sentido contrario, sin que el motor se haya parado por si mismo, se producirá un frenado brusco y una marcha a contracorriente. Esto produce un consumo de corriente tan elevado que puede llegar a fundir los fusibles. Para evitar esto, puede acoplarse un contacto con retraso a la conexión, un electroimán freno en el eje del motor o unos fusibles de mayor amperaje.

Figura 10 INVERSOR CON ENCLAVAMIENTO MECÁNICO

En la figura 10 se observa que los tres puentes de arriba no son como los de abajo, en el esquema de maniobra también se ve que difieren. Esto es así por la forma de conmutar las fases, las dos fases de los extremos se cambian y el único puente que no varía es el que corresponde la fase central **S**. Se puede cambiar otras dos fases cualquieras, pero entonces la vista de los puentes queda peor, menos estética.

Figura 11 CIRCUITO DE FUERZA DE UN INVERSOR

Nota: Si se prefiere, a las tres fases también se les pude denominar L1, L2 y L3

Esquema de mando en línea del inversor con botonera simple

Suponiendo que se trata del montaje de un motor que sube y baja, a las bobinas se las puede llamar **S** y **B**, los contactor auxiliares normalmente abierto y cerrado también **S** y **B**, si las bobinas no tienen corriente, la posición de los contactos será los representados en el esquema. Cuando por medio del pulsador **MS** se envíe corriente a la bobina **S**, el contacto normalmente abierto **S**, se cerrará y el normalmente cerrado **S** se abrirá, al soltar el pulsador **MS** la bobina quedará retenida el piloto encendido y el motor seguirá en marcha. Si en ese momento se envía corriente mediante el pulsador **MB**, el contacto normalmente cerrado **S** impedirá que llegue la corriente a la bobina **B** pues este contacto estará abierto mientra **S** permanezca cerrado.

Pulsando **P** se corta la corriente y todo vuelve a la posición de inicio (figura 12).

Si durante el funcionamiento se produce un consumo excesivo el térmico abrirá el contacto cerrado y sería igual que si se hubiese pulsado **P**, con la diferencia que ahora se cerrará el contacto abierto del térmico y la luz de avería se encenderá.

Observe el dibujo y deduzca que ocurre si se pulsa **MB** estando en la posición inicial.

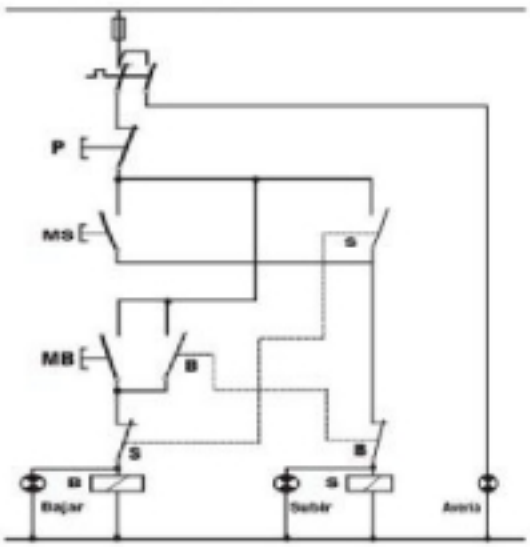


Figura 12 ES UEMA DE INVERSOR CON BOTONERA SIMPLE

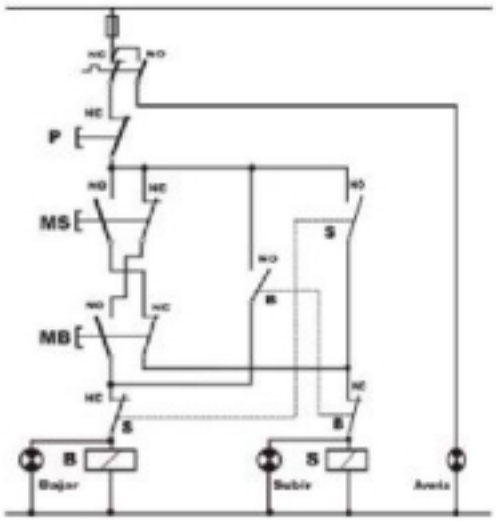


Figura 13 ES UEMA DE INVERSOR CON BOTONERA DOBLE

10. DOBLE ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICA

Resumiendo las Instrucciones ITC BT 28 e ITC BT 40 la entrada en funcionamiento de una alimentación propia se tendrá que realizar cuando falte el suministro normal, y que tiene que existir un dispositivo que desconecte la carga de la empresa distribuidora de energía y conecte la propia sin que no pueda darse la posibilidad del acoplamiento con la Red de Distribución Pública o con otro generador, precisará la instalación de un dispositivo que permita conectar y desconectar la carga en los circuitos de salida del generador .

Este dispositivo es un conmutador de potencia, compuesto de dos contactores y un enclavamiento mecánico, sin interruptor o pulsador de puesta en marcha, que se realiza de forma automática mediante un relé auxiliar de vigilancia.

El esquema básico sería el de la figura 14 y 15. Sobre estos esquemas, caben muchas variantes, principalmente en lo que se refiere al relé de vigilancia, que incluirá contactos de tiempo, para que cuando regrese el suministro el reabastecimiento no sea inmediato, sino una vez trascurrido un tiempo de unos minutos sin nuevos cortes.

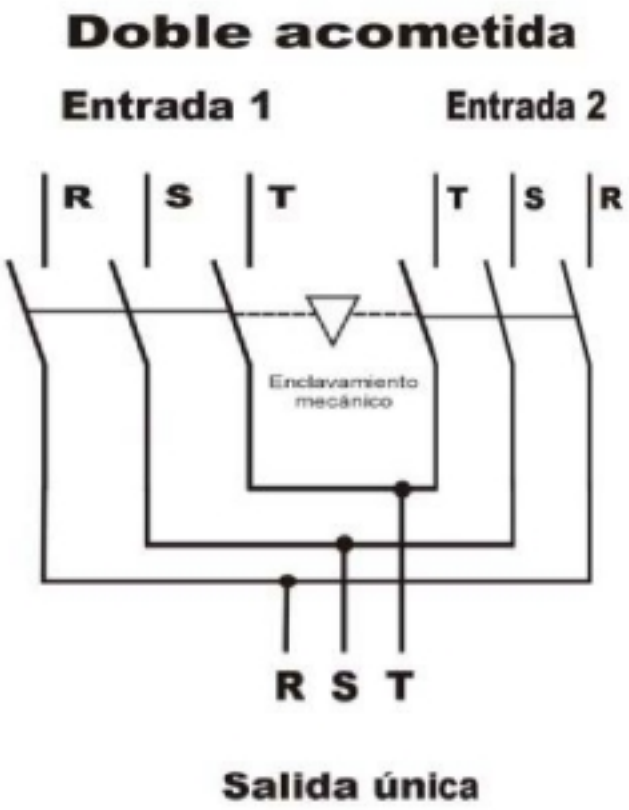


Figura 14 ES UEMA DEL CIRCUITO DE MANIOBRA, PARA DOBLE ACOMETIDA

En la instalación de un grupo electrógeno para reemplazar el suministro normal, la principal preocupación es que al cambiar de Red a Grupo, **no se altere la sucesión de fases que los motores no cambien el sentido de giro**. Puede darse el caso que en un principio el reemplazamiento sólo esté pensado para alumbrado, en cuyo caso la sucesión de fases no es preocupante, pero las instalaciones nunca son invariables y lo que en un principio solo iban a ser lámpara, en un futuro se puede creer conveniente añadir motores, Ante la posibilidad, que pueden existir motores también **se tiene que verificar que la sucesión de fases sea la misma en todos los casos**.

El circuito de mando tiene un relé de vigilancia **R** siempre accionado, por tanto el contacto abierto siempre estará cerrado, y la bobina de contactor Red mantendrá el contacto normalmente cerrado en posición de abierto, y la bobina del grupo sin corriente. Cuando falta el suministro normal, la posición será la representada en el esquema de la figura 15

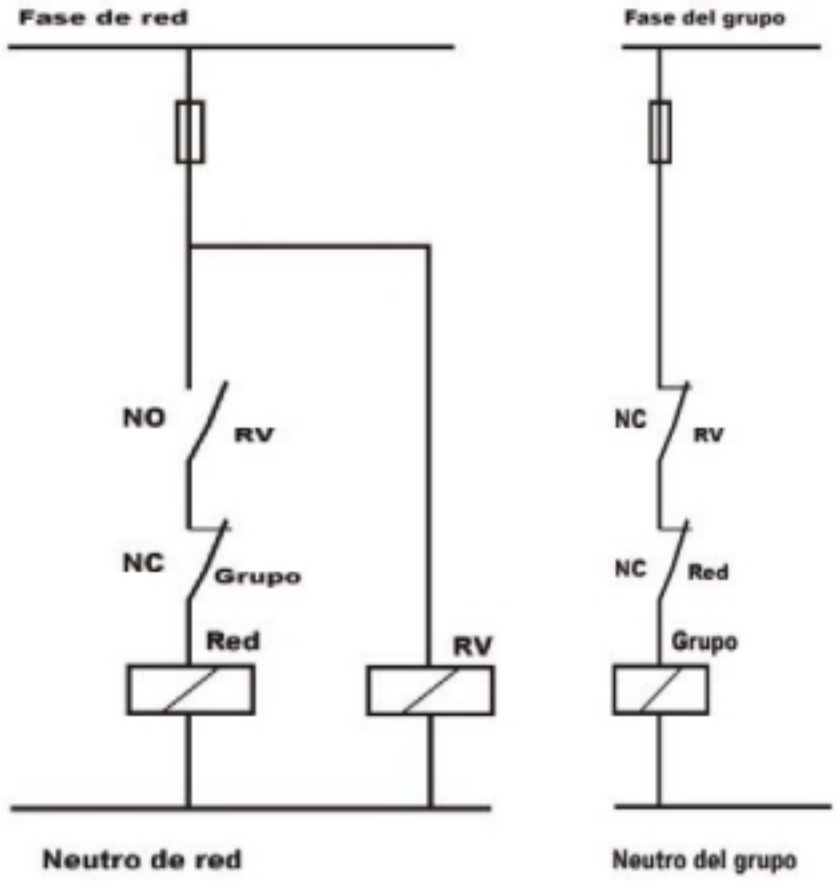


Figura 15 ES UEMA DE CONEXIÓN RED GRUPO ELECTRÓGENO

Con el relé **R** sin corriente, llega tensión directamente a la **bobina rupo**, que entra en acción, **abriendo el contacto cerrado** de impidiendo que llegue corriente a la **bobina de Red**. Tan pronto regrese la corriente de red, el relé **R** actúa y **abre el contacto cerrado de R** , desconectando grupo e **inmediatamente que grupo se desconecte se cierra el contacto cerrado de grupo** y pasa corriente a la **bobina principal de Red**, quedando el servicio restaurado. Este cambio es tan rápido, que el alumbrado ni siquiera se apaga, se notará un pequeño parpadeo, que de no está pendiente, ni se notará.

11. ARRANCADOR POR SISTEMA ESTRELLA TRIÁN ULO

Cuando un motor comienza a girar, lo hace arrastrando en su rotación todo el peso del hierro que forma la parte móvil, venciendo la inercia de su peso. Cuanto mayor es el motor mayor inercia, y más largo el tiempo necesario para que el motor alcance su velocidad de funcionamiento. Durante el tiempo que dura esta resistencia al paso de reposo al de funcionamiento normal, el motor consume tres veces más que en marcha normal. El objeto de los arrancadores es disminuir este exceso de corriente

Los arrancadores por sistema estrella triángulo consisten en hacer las conexiones del motor en estrella y cuando transcurre el tiempo de arranque cambiar la conexión a triángulo.

Para que esto sea posible, se tiene que cumplir las siguientes condiciones:

Motor de	Tensión de la red 230 V	Tensión de la red 400 V
230 400 V	Se puede conectar	No es posible
400 690 V	No es posible	Se puede conectar

Las conexiones en estrella y triángulo se realizan con tres contactores y un relé de tiempo. Utilizando seis conductores desde el motor hasta el arrancador, los tres conductores de la parte superior del motor se tiene que corresponder con los tres conductores de abajo, si se altera el orden el motor quedaría en dos fases.

Para motores pequeños (menos de 3) el arranque se realiza directamente, la utilización de los arrancadores sólo se aconseja a partir de los 4 CV.

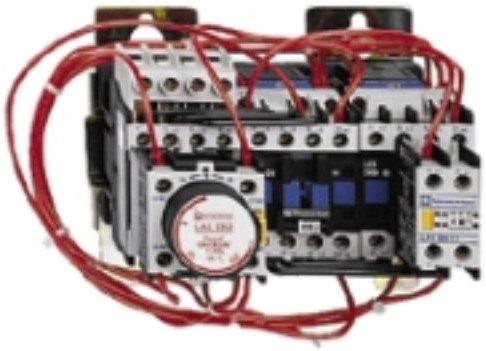
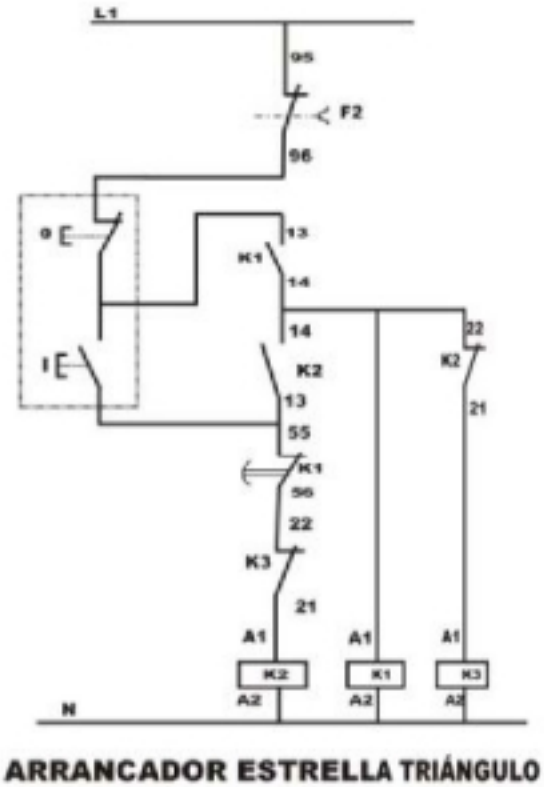


Figura 16 ARRANCADOR ESTRELLA TRIÁNGULO, CON RELÉ DE TIEMPO NEUMÁTICO

El esquema de mando tiene sólo un pulsador de marcha y otro de paro, la conmutación la realiza el relé de tiempo



ARRANCADOR ESTRELLA TRIÁNGULO

Figura 17 ES UEMA MANDO

En la figura 17, la bobina el contactor principal es 1, y sobre este contactor está colocado el relé de tiempo. La bobina del arranque en estrella es 2, que es la que entra primero, a continuación entra 1, pasado el tiempo (ajustable) se desconecta el contactor 2 y de inmediato entra el contactor de marcha en triángulo con bobina 3

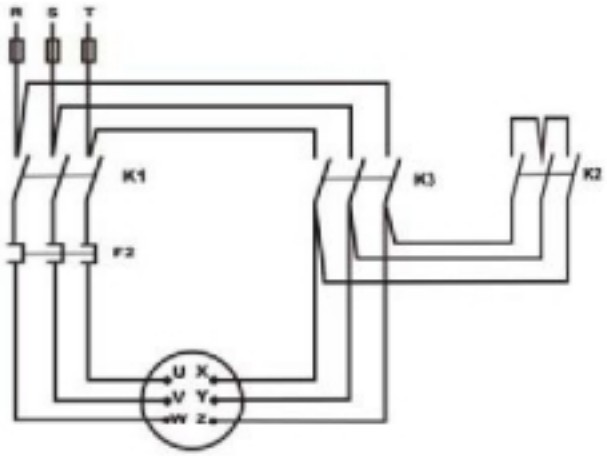


Figura 18 ES UEMA DE MANIOBRA DEL ARRANCADOR ESTRELLA TRIÁNGULO

Cuando entra el contactor 2 se ponen en cortacircuito los bornes X Z, luego entra el contactor 1 y el motor arranca, **la tensión de la red es √3 veces menor** de la que le corresponde, luego el consumo también es menor en la misma proporción, el motor arranca y va adquiriendo velocidad, en el tema anterior se dijo que el voltaje no le afecta a la velocidad, solamente el número de polos y la frecuencia. Cuando el motor adquiere toda su velocidad el consumo baja en ese momento es cuando se abren los puentes de la estrella y entra en funcionamiento el contactor 3 que puentea **U con X**, **con** , y **con Z**. Es decir, los ha conectado en triángulo, la conexión que corresponde a la red (la más baja del motor).

Por 2 (el térmico) no pasa toda la corriente que consume el motor **solamente √3 veces la intensidad nominal**, por lo que este térmico se tendrá que ajustar a ese consumo.

El sistema de estrella triángulo es el más popular y más empleado, el inconveniente está en la tensión del motor que no todos los motores coinciden la tensión menor de funcionamiento con la de la red, y si no es así no se puede montar este sistema habría que ir a un sistema más costoso y voluminoso que emplearía autotransformadores, para hacer la misma función de comenzar con una tensión baja y escalonadamente irla subiendo hasta llegar a la tensión de red y entonces desconectarlo.

12. ARRANCADOR POR RESISTENCIAS ESTATÓRICAS

Aplicable a los motores de rotor bobinado. El esquema de la maniobra sería como el de la figura 19

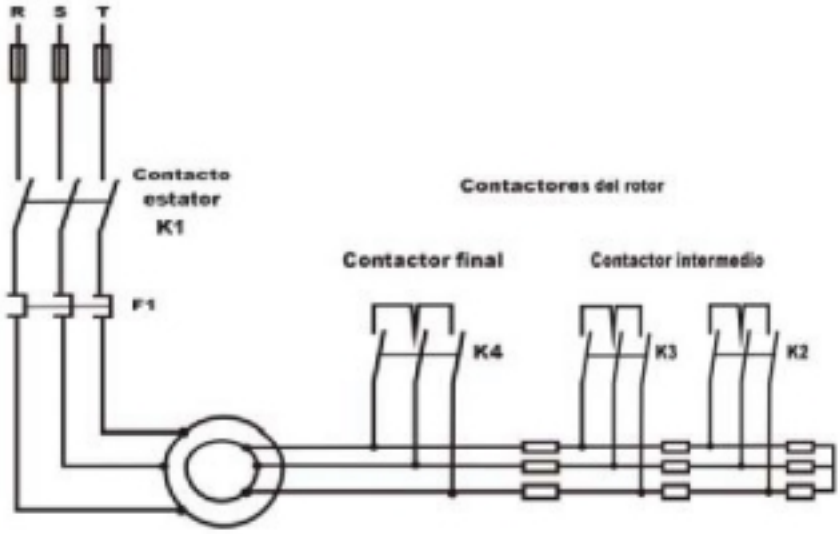


Figura 19 ARRANCADOR PARA ROTOR BOBINADO CON RESISTENCIAS ESTATÓRICAS

13. MOTORES DE ARIAS ELOCIDADES POR CONMUTACIÓN DE POLOS

El esquema más común de motores de dos velocidades es la conexión Dahlander, ya que no emplea dos devanados independientes sino uno solo, con dos formas de conectarlo. El esquema de conexión del motor sería el de la figura 20

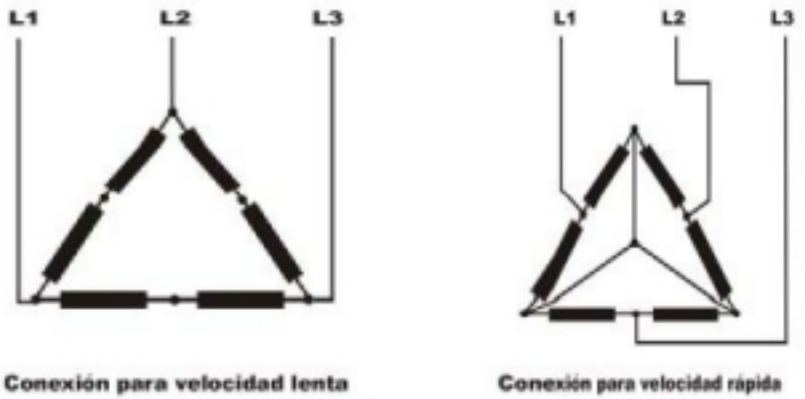


Figura 20 CONEXIÓN DAHLANDER

Este sistema emplea tres contactores y dos relés térmicos, con una botonera de tres pulsadores. Paro, velocidad lenta y velocidad rápida. Para pasar a la velocidad rápida no es necesario pasar primero por la lenta, se accede directamente.

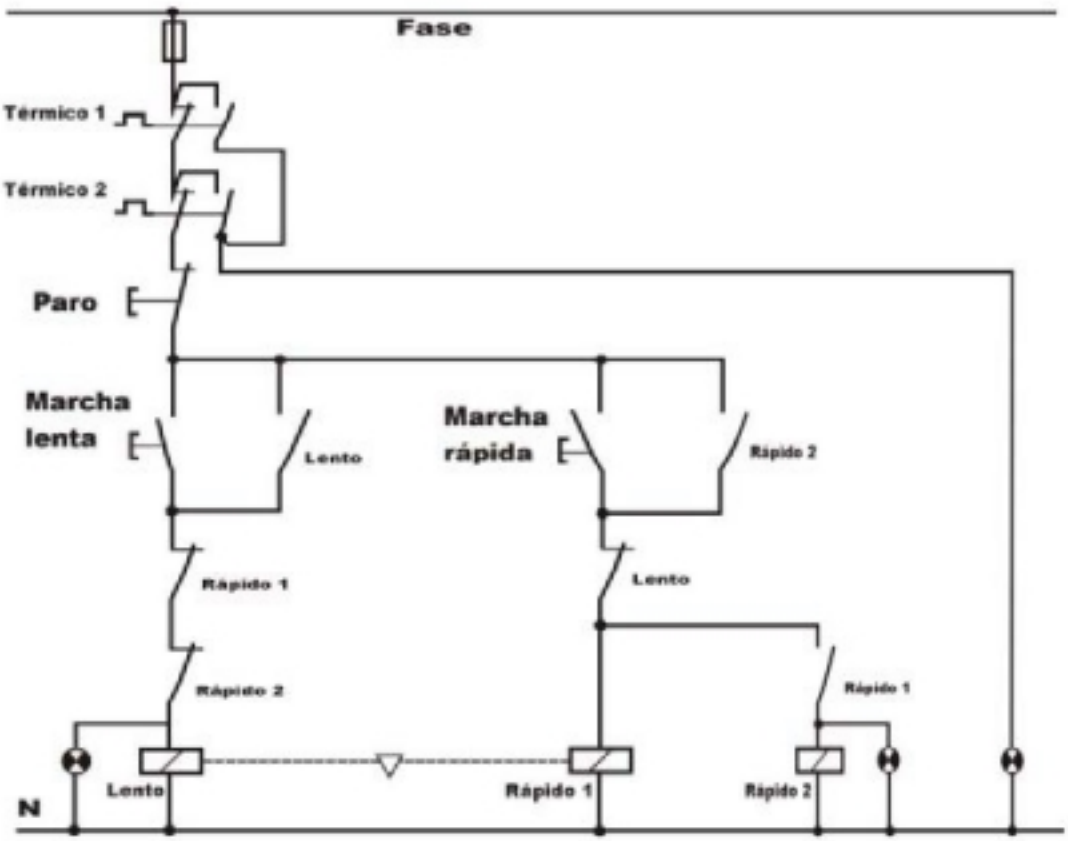


Figura 21 CIRCUITO DE MANDO EN CONEXIÓN DAHLANDER

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 2
Equipos electrónicos de maniobra
y dispositivos de regulación y control

Tema 5
Sensores

Tema 5

Sensores

1. Sensores 1
2. Tipos de sensores 1
3. Sensores discretos 2
4. Principales variantes de sensores discretos 3
5. Sensor magnético 4
6. Sensores de humo 4
7. Sensores de agua 5
8. Sensor de gas 6
9. Sensor de rotura de cristal 7
10. Sensor de infrarrojo 7
11. Sensores de tipo continuo 8
12. Sensor de iluminación 8
13. Sensor de temperatura 9
14. Sensor de humedad 10
15. Aplicaciones de sensores 10

Tema 5

Sensores

1. SENSORES

Son unos de los componentes de entradas de datos a un sistema de control. **El sensor detecta la variación física del elemento que controla**, y lo transmite en forma de magnitud eléctrica.

Básicamente **el sensor dispone de un transductor** y de un circuito o sistema amplificador de la señal. La señal que entrega a un sensor debe ser recogida por **el controlador**, y en caso necesario, será ampliada y acondicionada para su posterior uso.

Figura 1 SENSOR

2. TIPOS DE SENSORES

Determinados sensores, deben estar alimentados eléctricamente conforme a sus características y se les denominan **sensores activos**.

Otros sensores no necesitan alimentación eléctrica y son llamados **sensores pasivos**, el hecho de ser pasivos no significa que no sean atravesados por una corriente eléctrica, por ejemplo una fotorresistencia está conectada a una corriente eléctrica, pero mientras no exista una variación de luminosidad no la atraviese la corriente eléctrica, es un **sensor pasivo**.

La calificación de los sensores se puede hacer en función de muchos criterios diferentes:

- Por la forma mecánica de actuar.
- Por los componentes que lo integran.
- Dependiendo del sitio donde actúa.
- Por la naturaleza de la señal que entrega al sistema en que se acopla.

Si la clasificación empleada es la última de la lista que precede se distinguen dos grupos principales:

- Los **sensores discretos**
- Los **sensores de tipo continuo**

3. SENSORES DISCRETOS

Son aquellos que entregan una señal de valor concreto en función de la red a que estén conectados.

Los más comunes son los que adoptan dos valores, **abierto cerrado**. **On off**, **activado desactivado**, **uno cero**.

Un ejemplo sería **el interruptor o pulsador**, también **llamados de posición**, ya que indica que la pieza está situada en el lugar. También se llaman **final de carrera**. Dispone de un contacto cerrado y otro abierto, la parte con la que tropieza la pieza puede ser un tope, de forma de **bola**, o de **ruleta**, **graduable** o **fija**.

Figura 2 SENSORES DE POSICIÓN: DE BOLA, DE RULETA A USTABLE

Los sensores discretos suelen ser más baratos y de gran fiabilidad, gracias a la sencillez de su funcionamiento. Normalmente, la salida de esta clase de sensores es un contacto libre de potencial que se cierra y se abre en función del sensor. **En realidad no deberían de llamarse sensores puesto que no transforman la señal eléctrica tan solo abre o cierran un contacto.**

4. PRINCIPALES ARIANTES DE SENSORES DISCRETOS

- Sensor magnético
- Sensor de humos
- Sensores de agua
- Sensor de gas
- Sensor por ruptura de cristal
- Sensor de infrarrojo

5. SENSOR MA N TICO

El principio de funcionamiento se basa en el efecto que produce un par de láminas dentro de un campo magnético. Los contactos se colocan dentro de una ampolla de vidrio en la que se ha practicado el vacío.

Existen dos tipos en uno de ellos los contactos permanecen abiertos cuando no está próximo al campo magnético, si se aproxima un imán las láminas se unen cerrando los contactos.

El segundo tipo es todo lo contrario, dentro del campo magnético los contactos están normalmente abiertos y al separarlo del imán se unen (Figura 5).

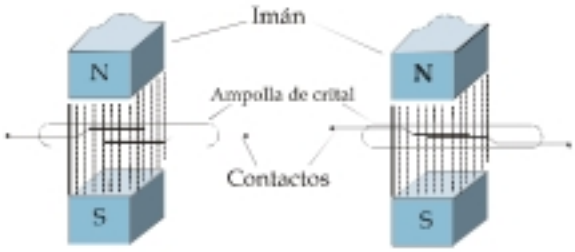


Figura 5 SENSOR MAGNÉTICO

6. SENSORES DE HUMO

Es un sensor de tipo discreto, se activa cuando dentro de su campo se produce cierta cantidad de humo, no importa de qué naturaleza es el humo, solo la presencia del humo dentro del campo de acción, pues **depende de la opacidad del aire**, actuando siempre que se rebase el límite máximo que se considere como superior a lo normal.

Al ser sensores discretos la salida que presenta es un contacto que se abre o se cierra, algunos de ellos tienen la posibilidad de poderse ajustar el nivel de humo. En la figura 6 puede observarse el aspecto físico que presentan estos sensores.

Figura 6 DOS FORMAS PARA DETECTOR DE HUMO

7. SENSORES DE A UA

Detectan la presencia de agua o la excesiva humedad en un lugar concreto. Se basa en **la variación de la conductividad de determinado material cuando se encuentra seco o cuando está mojado** el aspecto exterior es muy similar al detector de humo de la figura 7, sin embargo se puede distinguir fácilmente por el lugar de colocación, el detector de humo se coloca en el techo y el detector de agua, sobre él sócalo, en el nivel más bajo posible.

Figura 7 DETECTOR DE PRESENCIA DE AGUA ELECTRODOS SENSORES

8. SENSOR DE AS

Prácticamente en todas las viviendas existe una instalación de gas, como calentadores de agua, cocina, calefacción, por tal motivo el sensor de gas es uno de los elementos que se instala en todo sistema de automatización de hogares. Son sensores discretos, **no es necesario que transmita información del nivel de gas simplemente si hay o no mayor cantidad del nivel de gas**, actuando cuando se sobrepase el umbral a partir del cual el sensor actúa mandado una señal al sistema. Existen tres sistemas para detectar la presencia de gas:

- Por conductividad térmica
- Mediante rayos infrarrojos
- Por el efecto semiconductor de algunos materiales

8 DETECTOR DE PRESENCIA DE GAS

Detectores de gas por conductividad térmica Son sensores bastante complejos y costosos. Pues su principio de funcionamiento **se basa en la conductividad térmica de los gases**. Consta de un hilo rodeado de gas en el interior de una cámara, por el conductor circula una cantidad de corriente constante, cuando hay presencia de gas este conductor se calienta, esta variación tiene que ser detectada con un aparato de medida muy sensible, insertado en un puente de medida.

Detectores de presencia de gas mediante rayos infrarrojos. **Se basa en el índice de absorción de luz infrarroja que presentan los gases**. Se hace pasar un haz de luz de infrarrojos a través de una cápsula, cuando hay presencia de gas la radiación se verá rechazada y no llegará al detector. Estos sensores muy costosos y no se suelen instalar en viviendas.

Detectores de gases sólidos. Su funcionamiento **se basa en el efecto semiconductor de algunos materiales cuando se encuentran en atmósferas cargadas de gas**, se fabrican en función del gas que se quiere detectar, son económicos y fiables, y por tanto los más usados.

El aspecto del detector de humo los sensores de gas y de agua es muy similar, sin embargo la colocación difiere, el humo tiende a subir el gas a bajar y el agua se desliza por el suelo por lo que los sensores deberá de situarse en el lugar adeudos a lo que tiene que detectar.

9. SENSOR DE ROTURA DE CRISTAL

El principio de funcionamiento de esta clase de sensor está basado en una cápsula semiconductor o de tipo micrófono, que cuando percibe una señal mecánica procedente de una vibración activa un contacto y cierra un circuito.

Figura 9 EL PULSADOR DE AVISO DE INCENDIO POR ROTURA DE CRISTAL ES UN SENSOR DISCRETO NO DEBE DE CONFUNDIRSE CON EL SENSOR DE ROTURA DE CRISTAL UE SE DESCRIBE

10. SENSOR DE IN RARRO OS

Están formados por **un diodo detector de la luz infrarroja** procedente de un emisor cercano, figura 10.

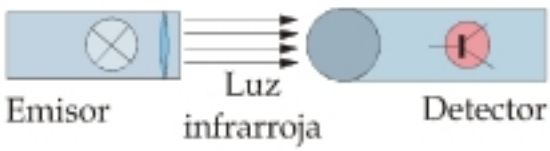


Figura 10 DETECTOR DE INFRARRO O

Esta clase de sensores puede recibir señales con información codificada, como en el caso de mando a distancia por infrarrojos. En otros casos, se pueden utilizar como barreras de detección de movimiento, se lanza una señal desde un emisor y caso de ser interrumpido, el sensor se activa.

11. SENSORES DE TIPO CONTINUO

Son aquellos en que su señal de salida puede cambiar de forma continua. Un ejemplo puede ser la sonda de temperatura de tipo resistivo, en que la resistencia varía de forma continua según la temperatura que esté midiendo.

Los sensores continuos generan una señal de tipo continuo, que puede ser tratada e interpretada de forma inteligente.

Los principales sensores continuos se utilizan como:

- Sensor de iluminación.
- Sensor de temperatura
- Sensor de humedad
- Sensor de viento

12. SENSOR DE ILUMINACIÓN

Son todos aquellos que sirven para detectar o medir cantidad de luz en un espacio físico determinado. Se construyen básicamente de dos formas:

- Con fotorresistencias
- o con Célula fotovoltaicas

otorresistencias. Se las conoce comercialmente como **LDR** (**L**ight **D**ependent **R**esistors). Su principio de funcionamiento está basado en el efecto que produce un haz luminoso sobre un material semiconductor sensible a la luz (fotosensible), **cuanto más luz menos resistencia.**

Células fotovoltaicas. eneran corriente cuando reciben luz, su efecto es conocido como efecto fotovoltaico, son poco utilizas como sensores.

Barreras ópticas. Basado en este tipo de sensores existen una serie de sensores que a pesar de dar respuesta continua se pueden usar de forma discreta recibiendo el nombre de barreras ópticas o **células fotoeléctricas**.

13. SENSOR DE TEMPERATURA

El control de la temperatura es una de las funciones más usadas, aunque no estén integradas en un sistema automático complejo, atendiendo a su principio de funcionamiento existen tres clase de sensores:

- Pares termoeléctricos.
- Termorresistencias.
- Termistores

Pares termoeléctricos. Son sensores **basados en el efecto termoeléctrico de la unión de dos metales diferentes**, al someter a calor la unión de los metales se crea una diferencia de potencial entre los extremos no unidos.

Termorresistencias. Las termorresistencias son sensores construidos a partir de metales conductores. **Su funcionamiento está determinado por la variación de resistencias que sufre un conductor cuando se somete a diferentes temperaturas.**

Termistores. Son sensores fabricados con material semiconductor cuya resistencia varía con la temperatura. **La variación no se produce por el efecto termoeléctrico sino por el efecto que el calor provoca en las bandas semiconductoras de una unión NP o PN.**

14. SENSOR DE HUMEDAD

Son complejos y costosos por lo que solo se emplean en instalaciones industriales

Son aparatos **basados en el cambio de longitud que sufren ciertas fibras orgánicas o sintéticas cuando varía la humedad relativa del aire que lo rodea** (con la humedad se estira) ver la figura 11

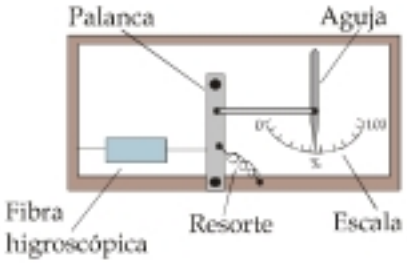


Figura 11 SONDA DE HUMEDAD

15. APLICACIONES DE SENSORES

El **sensor magnético** se emplea para la detección de puertas y ventanas, como señal de fin de carrera en dispositivos de desplazamiento lineal y como contadores de revoluciones en elementos que giran.

Figura 12 RELÉ PARA DETECTOR DE VELOCIDAD

Sensor de humo su aplicación principal es detectar incendios desde su inicio

Figura 13 SENSOR DE HUMOS

Sensor de agua se utiliza para detectar la presencia de agua y escapes de agua o inundaciones.

Con el **sensor de gas** se detecta presencia de gas debido a escapes siempre que se sobrepase un nivel que se considere peligroso.

Sensor de rotura de cristal, se emplea fundamentalmente en sistemas antirrobo, colocándose puertas y ventana para detectar las vibraciones que se producen cuando se golpea.

Los **sensores de infrarrojo** se aplican en barreras infrarrojas, detectores de movimiento y mando a distancia.

El **sensor de iluminación** tiene su aplicación en:

- Las abarreras luminosas.
- Construcción de luxómetros.
- Relés de conexión desconexión del alumbrado.
- Regulación de la iluminación interior de las habitaciones.
- Interruptores crepusculares.
- Detección de paso de vehículos.
- Detectores de paquetes.
- Detectores de personas
- Detectores de nivel (Líquido o sólido)

Figura 14 BARRERA ÓPTICA CON EMISOR RECEPTOR SUPERPUESTOS

Figura 15 RELÉ PARA CONTROL DE NIVEL CON SENSORES DE AGUA

Sensor de temperatura, se utiliza para regular la temperatura dentro de ciertos límites y como componente de los termómetros eléctricos.

Figura 16 SENSOR DE TEMPERATURA

El **sensor de humedad** y el **sensor de viento** se utiliza muy poco, solo como aparato de medida sin aplicación en los sistemas automáticos. El sensor de viento se utiliza para cerrar persianas cuando la velocidad del viento es demasiado alta.

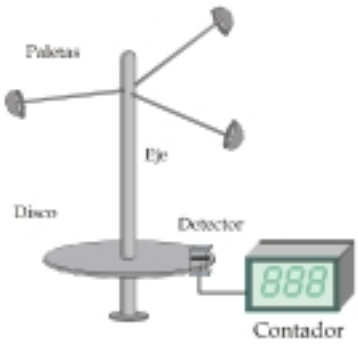


Figura 17 SENSOR DE VIENTO ELECTRÓNICO (ANEMÓMETRO)

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 2
Equipos electrónicos de maniobra
y dispositivos de regulación y control

Tema 6

Regulación de velocidad de motores de corriente alterna

Tema 6

Regulación de velocidad de motores

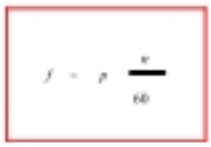
1. Velocidad de los motores de corriente alterna 1
2. Conmutación de polos 2
3. Variación de frecuencia 3
4. Funcionamiento del regulador de velocidad 3
5. Tipos básicos de convertidores de frecuencia 4
6. Convertidor de frecuencia con modulación por amplitud de pulso (PAM) 5
7. Convertidor de frecuencia PAM con rectificador controlado 7
8. Convertidor de frecuencia con modulación por anchura de pulso (P M) 9
9. Inversor de corriente (CSI) 12

Tema 6

Regulación de velocidad de motores

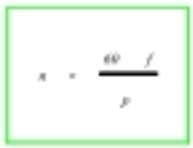
1. ELOCIDAD DE LOS MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

Aumentando el número de polos de un motor se influye en la velocidad del motor, que se determina por la fórmula



*La frecuencia **f** a que trabaja un motor viene dada por el número de pares de polos **p** multiplicado por la velocidad del motor contado en **r**evoluciones **p**or **m**inuto (r.p.m.) Dividido por 60*

Por tanto, si quiere saber a que velocidad en r.p.m. funciona un motor bastará con transformar la fórmula anterior en:



El número de r.p.m., a que gira un motor, depende de la frecuencia de trabajo multiplicado por 60, dividido todo ello, por el número de pares de polos que tenga el motor.

2. CONMUTACIÓN DE POLOS

En consecuencia; la velocidad de giro de un motor no depende en nada del voltaje de funcionamiento, y como el valor de la frecuencia de red es inalterable, para cambiar la velocidad de un motor solo se puede hacer, cambiando el número de polos que tiene el motor.

Los motores de dos velocidades, por tanto, llevan tomas intermedias de los pares de polo, a la caja de bornes; para que, con la ayuda de conmutadores especiales, poder alterar las entradas y salidas de la corriente a cada par de polos del motor. Consecuentemente el número de revoluciones se verá alterada por la posición del conmutador de polos. Todos los motores de dos velocidades, llevaran en la caja de bornes, el doble de conexiones de un motor de una sola velocidad.

En la tabla I puede verse como los motores europeos, que trabajan a una frecuencia de **50 Hz**, son más lento que los del continente americano que trabajan a **60 Hz**; también se observa, que para conseguir velocidades mayores, como por ejemplo; las que se necesitan en el radar, donde se emplean frecuencia de **400 Hz**; con lo que se consiguen motores de rotor muy rápidos.

N Polos	Frecuencia.		
(2p)	50 Hz	60 Hz	400 Hz
2	3000	3600	24000
4	1500	1800	12000
6	1000	1200	8000
8	750	900	6000
10	600	720	4800
12	500	600	4000
14	428	514	3428
16	375	450	3000

TABLA I VELOCIDAD DE LOS MOTORES DE *C.A.*

Cuanto más velocidad tenga un motor, y en consecuencia, ser menor el número de polos, más económico de precio será el motor, pues **las dimensiones también son menores**.

A igual velocidad las dimensiones del motor aumenta con la potencia que desarrolle.

3. ARIACIÓN DE RECUENCIA

Hoy día ya es posible cambiar la velocidad e los motores, sin necesidad de variar el número de pares de polos; en la fórmula se observa que si el valor de la frecuencia en vez de tener un valor fijo de 50 o 60 Hz, se pudiera variar este valor; entonces se obtendría valores diferentes del número de r.p.m., del motor. Esto se realiza con **los variadores de velocidad estáticos**. Pequeños dispositivos electrónicos que se intercalan entre el interruptor y el motor; con el que fácilmente se puede actuar sobre la frecuencia para variar la velocidad del motor sin necesidad de complicados conmutadores de polos.

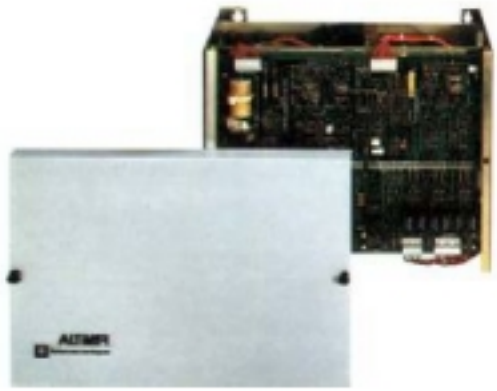


Figura 1 VARIADOR DE VELOCIDAD ALTIVAR

En la figura 1, puede verse un variador de velocidad, aplicable a motores trifásicos, con rotor de jaula de ardilla, y con una potencia comprendida entre **370 y 17** .

4. UNCIONAMIENTO DEL RE ULADOR DE ELOCIDAD

La corriente alterna trifásica es rectificada y convertida en corriente continua, y luego, en un circuito inversor, se vuelve a convertir en alterna trifásica. Para que la frecuencia pueda ser variable, no se llega a transformar del todo en una corriente lineal, una parte de esta corriente de entrada se filtra a un circuito intermedio que regula la salida.

La relación entre el voltaje y la frecuencia debe de mantenerse constante para que el motor conserve su par de fuerza constante, independientemente de la velocidad. Esto quiere decir que se cambia la tensión y la frecuencia en la misma proporción.

En la figura 2 se ha representado en esquema de bloques los cuatro circuitos principales que lleva un variador de velocidad: Rectificador, circuito intermedio, inversor y circuito de regulación.

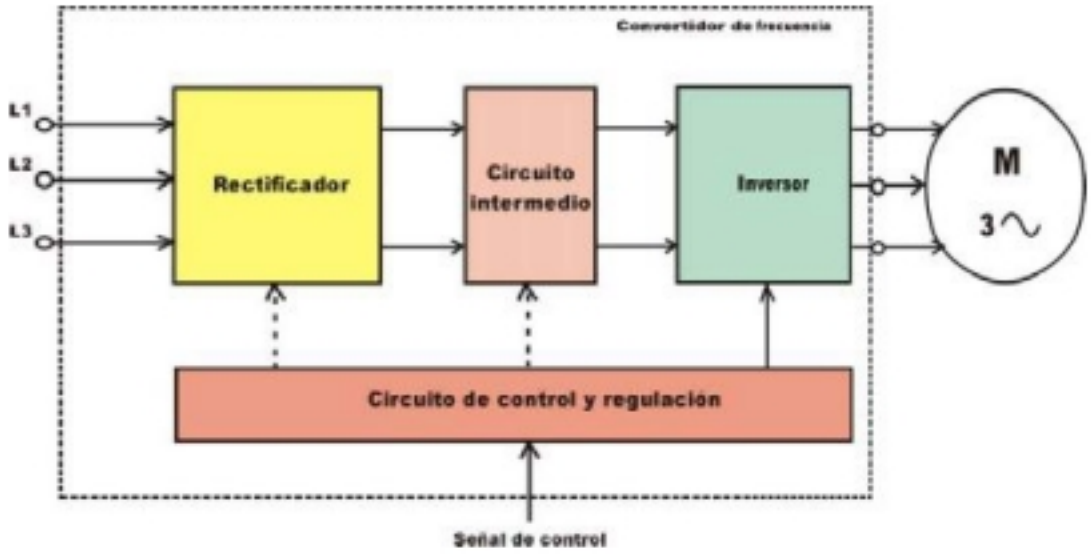


Figura 2 Esquema de bloques del convertidor de frecuencia

5. TIPOS BÁSICOS DE CON ERTIDOR DE RECUENCIA

El convertidor de frecuencia apareció a finales de la década de los sesenta del siglo pasado. En 35 años se ha desarrollado mucho los semiconductores y microprocesadores lo que ha supuesto una mejora importante en los convertidores de frecuencia.

De los cuatro componentes principales el primero es el rectificador, que transforma la tensión trifásica de la red en tensión continua pulsatoria. Hay dos tipos básicos de rectificadores: Los regulados y los no regulados.

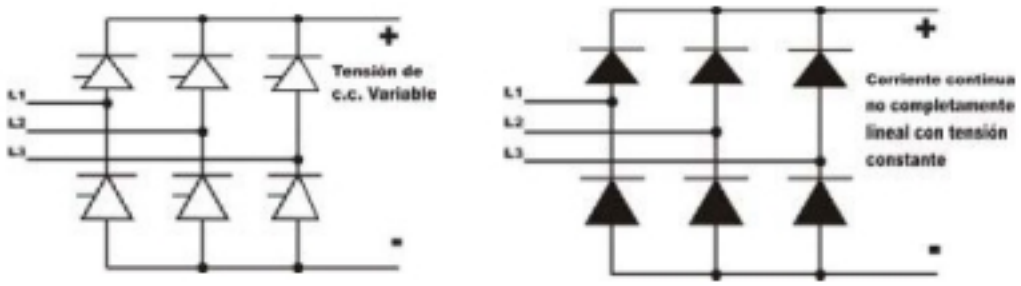


Figura 3 Rectificador regulador y rectificador no regulado

El segundo circuito intermedio puede ser puede ser de tres tipos diferentes: uno transforma la tensión la tensión del rectificador en corriente continua; otro tipo estabiliza la tensión pulsatoria de corriente continua y la envía al inversor y el tercer tipo transforma la tensión contante de corriente continua del rectificador en un valor variable.

El tercer bloque es el inversor que controla la frecuencia y la tensión del motor. Existe otro tipo de inversor que también transforma la tensión constante de corriente continua en tensión variable de corriente alterna.

El cuarto bloque está compuesto por un equipo electrónico que transmite señales tanto al rectificador como al circuito intermedio y al inversor. Esta parte del control dependerá de la configuración del convertidor de frecuencia.

Los convertidores de frecuencia se pueden agrupar según el comportamiento del sistema que controla la alimentación del motor en:

Convertidor de frecuencia con modulación por amplitud de pulsos (**PAM**)

Convertidores de frecuencia con modulación por anchura de pulsos (**P M**

Inversores de fuentes de corriente (**CSI**)

6. CON ERTIDOR DE RECUENCIA CON MODULACIÓN POR AMPLITUD DE PULSO PAM

Básicamente representado en la figura 4, donde se aprecia los cuatro bloques que actúan sobre la frecuencia de salida para el motor

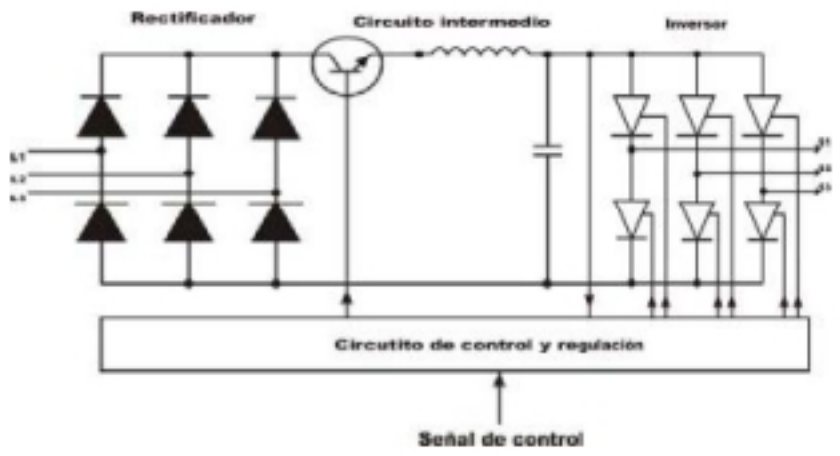


Figura 4 Convertidos de frecuencia PAM

La tensión y la frecuencia se hacen variar simultáneamente. El rectificador da una corriente continua fija, por lo que se aplica un transistor que conecta o suprime alternativamente la tensión de corriente continua fija dando una tensión variable después del filtro formado por una bobina y un condensador. La magnitud de la tensión de corriente continua variable depende del tiempo durante el cual el transistor da paso de corriente. El circuito de control y regulación mide y compara esta tensión con al entrada, si existe una diferencia, automáticamente se efectúa la regulación hasta que se obtenga una tensión correcta a partir del filtro.

La frecuencia de la tensión de salida se hace variar en el inversor cambiando la duración del período. Durante un período, los tiristores se activan varia veces. La duración del período puede ser controlada:

1. Directamente por la señal de control.

2. Por la tensión de corriente continua variable, proporcional a la señal de control

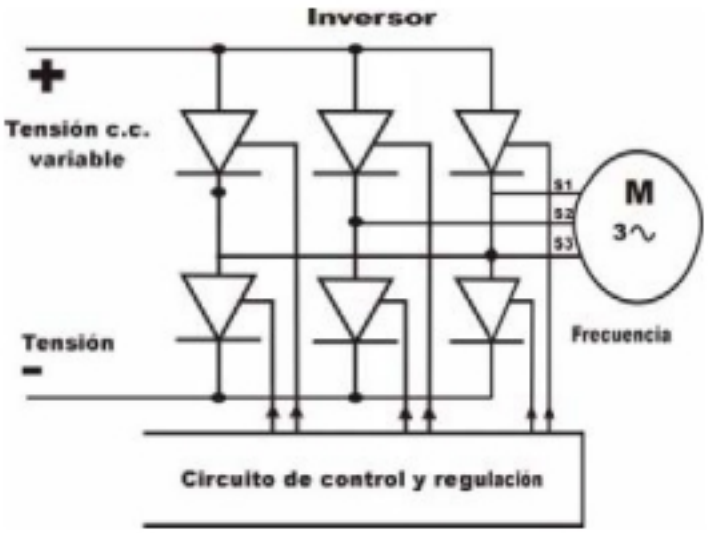


Figura 5 Control de la frecuencia por el circuito intermedio

renado

El motor actuará como generador al ser impulsado por la carga. Si el motor está conectado directamente a la fuente de suministro, la energía generada se devuelve a la red y esto frena el motor. El convertidor de frecuencia tipo **PAM** no permite que eta energía producida sea devuelta a la red porque el rectificador la bloquea, llegando sólo hasta el circuito intermedio.

entajas de los convertidores de frecuencia PAM

- Relación entre tensión y frecuencia siempre constante, es decir, que el motor no puede pararse incluso aunque sea sobrecargado
- Muy apropiado para el funcionamiento en paralelo con otros motores
- Velocidad constante cualquiera que sea su carga
- El motor funciona de manera suave incluso a bajas velocidades
- A prueba de cortocircuitos
- Rendimiento muy elevado
- El motor funciona de manera silenciosa
- Frenado por resistencia

Inconveniente

- La energía de frenado no puede ser devuelta a la red eléctrica

7. CON ERTIDOR DE RECUENCIA PAM CON RECTI ICADOR CONTROLADO

El convertidor de frecuencia con modulación por amplitud de pulsos puede ser también diseñado por rectificador controlado, como se ilustra en la figura 6.

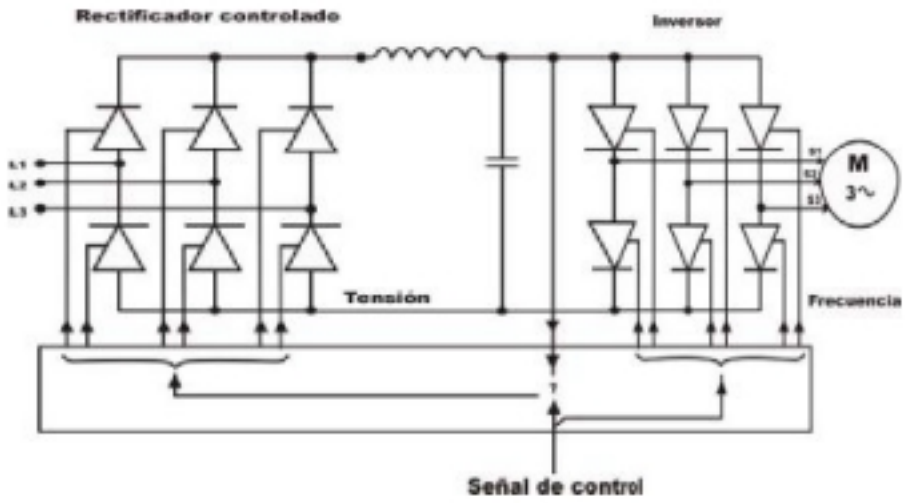


Figura 6 CONVERTIDOR DE FRECUENCIA PAM CON RECTIFICADOR CONTROLADO

La tensión se controla por un rectificador controlado, con lo que es innecesario el transistor regulador, la frecuencia se controla directamente, independientemente de la tensión. Esto es perfecto en condiciones normales de funcionamiento; pero, si se alcanza el límite de la corriente y por tanto, si la tensión ha sido disminuida sin reducir simultáneamente la frecuencia, la tensión y la frecuencia dejan de ser proporcionales, el motor se parará mientras el inversor siga funcionando. Será preciso arrancar de nuevo.

Para evitar que el límite de la corriente sea rebasado durante la aceleración, es preciso que la señal de control no cambie a una velocidad superior a la que el motor es capaz de seguir. Por tanto, el tiempo de aceleración debe ser ajustado para que se adapte a la carga.

Con el rectificador controlado se obtiene la ventaja de que la energía de frenado del circuito intermedio puede ser devuelta a la red eléctrica. Sin embargo esto requiere un inversor de frenado con seis tiristores conectado en paralelo con el rectificador como muestra la figura 7

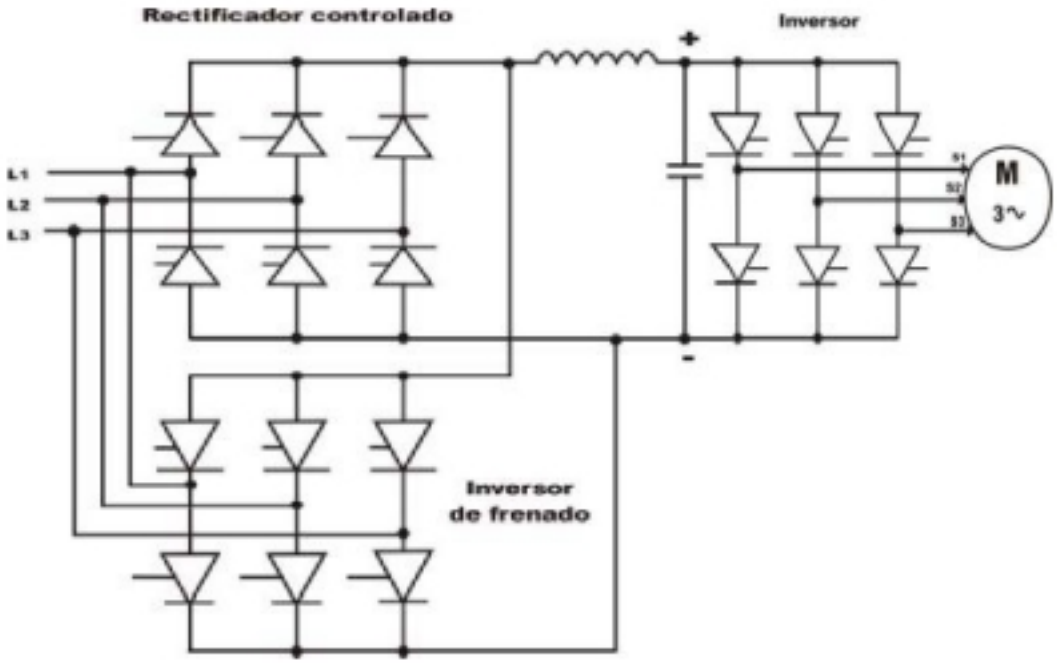


Figura 7 CONVERTIDOR DE FRECUENCIA PAM CON INVERSOR DE FRENADO

entajas de los convertidores de frecuencia PAM con rectificador controlado

- La energía de frenado puede ser devuelta ala red por medio de un inversor suplementario
- Apropiado para funcionamiento de motores en paralelo si la corriente de arranque de los motores no corresponde a la limitación de corriente (parada del motor)
- Buen rendimiento del sistema

Inconvenientes

- El rectificador controlado da lugar a importantes perturbaciones y pérdidas en la red de distribución
- El motor se para cunado el convertidor de frecuencia llega al límite de la corriente (aceleración rápida y cargas en cresta)
- Regulación de tensión actúa lentamente. Esto es desfavorable en caso de cortocircuito
- Indeseables oscilaciones periódicas del par a velocidades muy lentas

8. CON ERTIDOR DE RECUENCIA CON MODULACIÓN POR ANCHURA DE PULSO P M

El esquema básico de los convertidores PAM es el de la figura 8

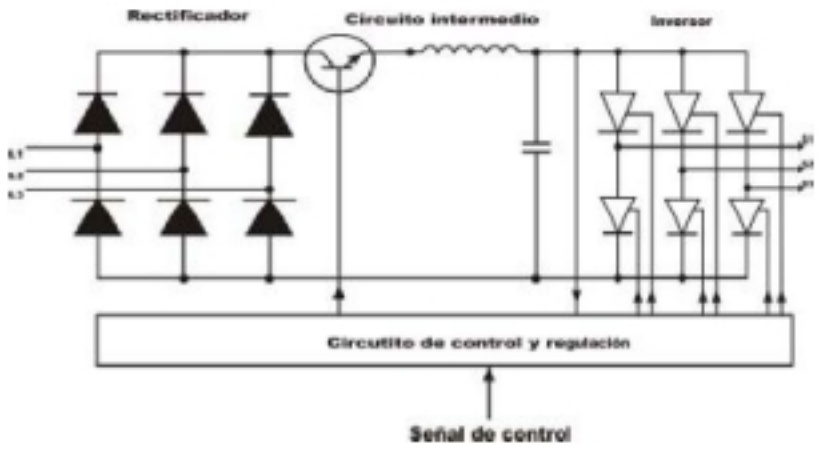


Figura 8 CONVERTIDOR DE FRECUENCIA P M

En esta figura se observa que la tensión continua es constante hasta e inversor. Esto significa que tanto la tensión como la frecuencia deben ser cambiadas en el inversor para que el motor pueda ser sometido a estas variaciones. La tensión se controla aplicando la tensión máxima al motor durante períodos más o menos largos.

La frecuencia se controla aplicando impulsos positivos durante medio período e impulsos negativos durante el siguiente medio período.

El circuito de control establece los tiempos de activación y desactivación de los tiristores en los puntos de intersección entre la tensión senoidal y la tensión triangular

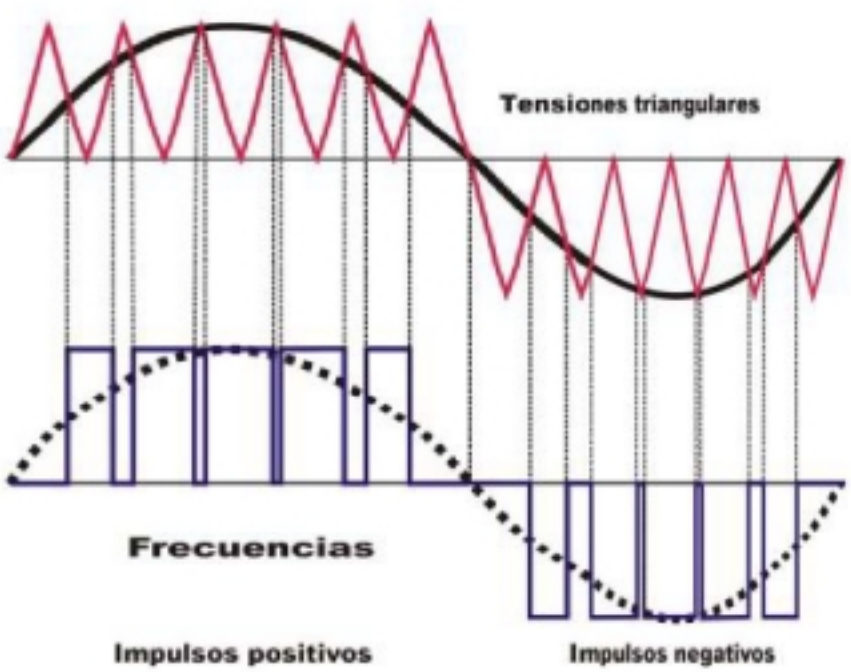


Figura 9 TENSIONES FRECUENCIAS MÁXIMAS PARA P M

En la figura 9 las tensiones de regulador aplicadas a los tiristores para controlar la frecuencia de salida. La amplitud de la tensión senoidal y la amplitud de la tensión triangular determina la anchura de los impulsos de tensión que se aplican al motor.

renado

Durante el frenado, el motor actúa como generador, pero la energía sólo vuelve hasta el filtro del circuito intermedio ya que el rectificador bloquea el paso. Por tanto, el frenado está limitado, a no ser que se extraiga la energía a partir del circuito intermedio. Si se sustituye el rectificador por dos puentes de tiristores conectados en antiparalelo, como en la figura 7, la energía puede ser devuelta a la red eléctrica aunque esto producirá algunas perturbaciones en la red de distribución y es de realización más costosa.

entajas de los convertidores de frecuencia P M

- El motor funciona de manera suave, incluso a bajas velocidades
- Es posible realizar el frenado a través de un módulo de frenado
- Son apropiados para funcionamiento de motores paralelos sólo si la corriente de arranque de los motores no da lugar a la limitación de la corriente (parada del motor)
- Buen rendimiento del sistema

Inconvenientes

- Motor ruidoso en razón de la forma de la curva de tensión
- Parada del motor cunado el convertidor de frecuencia llega a la limitación de corriente (Aceleración rápida y valor de cresta de la carga). La aceleración debe ser adaptada a la carga pera evitar la limitación de la corriente

9. IN ERSOR DE CORRIENTE CSI

El esquema básico es el de la figura 10, muy simplificada, donde se observa que el circuito intermedio es simplemente una bobina

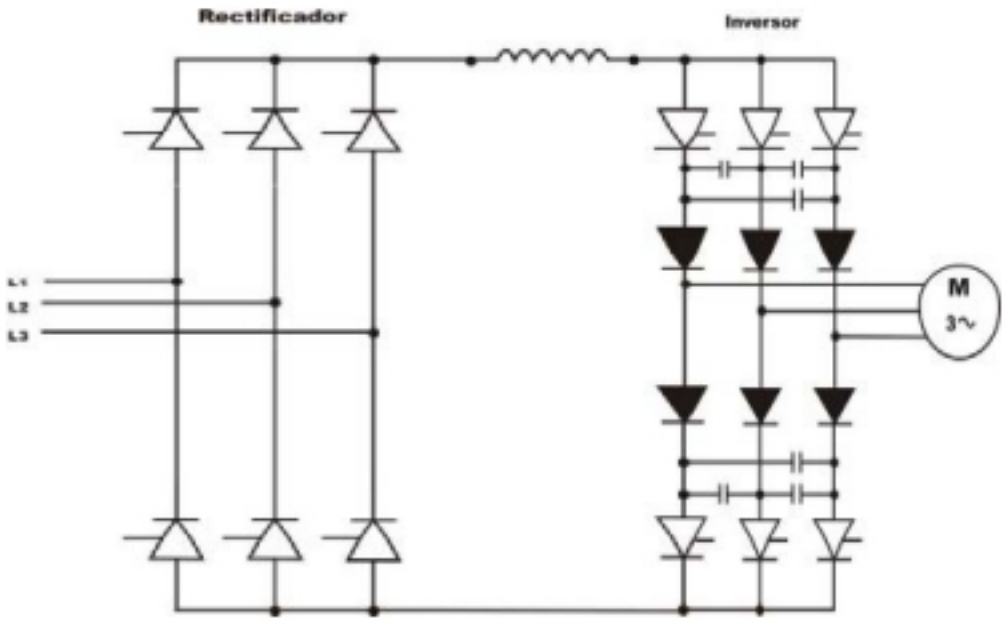


Figura 10 CONVERTIDOR DE FRECUENCIA CSI

Al igual que los esquemas anteriores, este esquema, también está muy simplificado. Puede verse que no hay condensador en el circuito intermedio. La misión del condensador en los circuitos anteriores consistía en mantener la tensión constante a una frecuencia dada. Por tanto, la carga determinaba la corriente del motor. Aquí la situación es inversa. La tensión variable procedente del rectificador controlado se transforma por medio de la bobina en una corriente continua ajustable adaptada a la frecuencia. De esta forma, la carga es la que determina la tensión del motor. Mayores cargas, exigen tensiones de motor elevadas.

El convertidor de frecuencia CSI no es apropiado para funcionamiento de motores en paralelo, pues los condensadores del inversor deben ser adaptados a la potencia del motor.

renado

En este caso la energía de frenado es conducida directamente a la red de distribución eléctrica sin utilizar componentes suplementarios.

entajas de los convertidores de frecuencia CSI

- La energía de frenado puede ser devuelta a la red de distribución de electricidad sin componentes suplementarios
- El convertidor está a prueba de cortocircuitos porque funciona a corriente constante, incluso si ocurre un cortocircuito
- Buen rendimiento del sistema
- El motor funciona de manera silenciosa

Inconvenientes

- Utilización limitada en el caso de funcionamiento de motores en paralelo
- A velocidades lentas se producen indeseables variaciones periódicas del par
- El rectificador controlado genera importantes perturbaciones y pérdidas en la red de distribución de electricidad
- Reacción lenta a los cambios de carga

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 2
Equipos electrónicos de maniobra
y dispositivos de regulación y control

Tema 1
Instalacaciones: Averías y mantenimiento

Tema 7

Instalaciones: Averías y mantenimiento

1. Tipos de averías más comunes 1
2. Averías por falta de corriente 2
3. Fallo por ausencia de corriente 2
4. Fusibles fundidos por sobrecarga 3
5. Fusibles fundidos por cortocircuito 3
6. Cables alimentación cortados 4
7. Bornes sueltos 4
8. Fallo de aislamiento y salta el diferencial 5
9. Averías por fallo mecánico 6
10. Avería del circuito eléctrico 6
11. Desconexión del magnetotérmico o fundido de fusibles 7
12. Desconexión del diferencial 7
13. Los dos síntomas anteriores al mismo tiempo 7
14. No hay síntomas, solo deja de funcionar 7
15. Mantenimiento 8
16. Organigrama del mantenimiento 9
17. Un supuesto de mantenimiento eléctrico 10
18. Organigrama en función de la empresa 11
19. Organigrama general de la producción 12
20. Organigrama interna del mantenimiento 12
21. Mantenimiento contratado 13
22. Confección de informes de mantenimiento 14
23. Hojas de partes de averías 14
24. Orden de reparación 16
25. Historial de averías 17

Tema 7

Instalaciones: Averías y mantenimiento

1. TIPOS DE A ERÍAS MÁS COMUNES

Generalizar los tipos de averías que se puede producir en toda clase de instalaciones eléctrica es tener que establecer unas normas de actuación de y cuáles son los pasos que hay que dar para cerciorarse de que en efecto existe una avería, lo cual no implica que se pueda reparar de inmediato, incluso puede ser que no se sepa como hacerlo. Pero lo realmente importante es averiguar si en la instalación hay avería o no, muchas veces, la parte averiada es un componente fácilmente reemplazable; otras no, y supone la intervención de un especialista. Antes de requerir la intervención a un nivel más alto de especialización se ha de tener la certeza de que efecto existe una avería.

Tres pueden ser las causas que produzcan la parada de una instalación eléctrica, y se debe de averiar en este mismo orden:

- La falta de corriente
- Un fallo mecánico
- Un fallo del circuito eléctrico

2. A ERÍA POR ALTA DE CORRIENTE

El 80 % de las veces, la causa de la avería es la ausencia de corriente, dentro de este 80 por ciento las causas pueden ser:

- Ausencia de tensión en la red (5 % de las veces)
- Fusibles fundidos por sobrecarga (40 %)
- Fusibles fundidos por cortocircuito (25 %)
- Cable de alimentación cortado (5%)
- Borne suelto (5 %)
- Fallo de aislamiento en la instalación interior y diferencial que salta (20 %)

3. ALLO POR AUSENCIA DE CORRIENTE

Casi todos los motores tienen protección por guardamotor, en ausencia de corriente los guardamotores se desconectan y cuando se restaura la tensión hay que volver a pulsar el pulsador de marcha, para que vuelva a funcionar el motor. Con los magnetotérmicos no ocurre esto, el motor se para al faltar la corriente; pero cuando vuelve la corriente, el motor se pone en marcha por sí solo. Esta marcha inmediata, representa un peligro en determinadas máquinas, por lo que algunas llevan dispositivos de mínima tensión que impide que la máquina pueda volver a funcionar por sí sola. En otras ocasiones la ausencia de corriente es porque ha saltado un interruptor automático. Incluso hay ocasiones muy raras en que se da el caso de que la máquina ha sido desenchufada accidentalmente y nadie se ha percatado de una cosa tan simple como esta.

Antes de proceder a comprobar la máquina lo primero que hay que hacer es cerciorarse de que hay corriente, observando si hay pilotos apagados, o voltímetros que no marcan, y luego proceder a comprobar si hay tensiones. Esto es muchas veces lo único que hace el electricista, **hay máquinas que tienen garantías y otras que son de tecnología elevada y deben de ser reparadas por personal especializado** en ese tipo de máquina concreta. Si no es así se procederá a abrir y buscar la avería dentro de la máquina.

En el caso de que la causa de que la máquina no funcione, sea por falta de corriente, pasar al párrafo siguiente.

4. USIBLES UNDIDOS POR SOBRECAR A

Los fusibles en una línea de suministro están a la cabecera de la red, antes de los interruptores automáticos, **la reparación consiste en colocar un fusible del mismo amperaje del fundido nunca se debe de aumentar su calibre**. Una sobre dimensión de los fusibles supone una desprotección de la línea, que puede suponer la destrucción de la línea.

Dentro de la máquina, en las inmediaciones por donde entra el cable de alimentación, también se colocan fusibles, a veces el fusible es de fácil acceso y en otras hay que quitar alguna chapa protectora o abrir un armario, en estos casos dudosos, se quita el fusible y se comprueba la continuidad y en caso de que estén fundido se reemplazan por otro nuevo, **nunca se deben de reparar un fusible fundido**, reparar un fusible significa variar el calibre, lo que puede ocasionar una avería mayor.

Cuando una línea de suministro funde sus fusibles con demasiada frecuencia, la solución es **aumentar la sección de la línea** y en su caso, **incluso hacer una contratación de suministro de mayor potencia**. Otra solución es hacer más derivaciones y colocar más limitadores de potencia. Uno general ajustado a la potencia contratada y otros por cada nueva derivación ajustado a los amperajes previstos, también existes dispositivos automáticos de control de potencia, que cuando se sobrepasa al máximo contratado automáticamente desconecta por unos minutos los circuitos menos importantes y los vuelve a conectar de forma automática, si persiste la sobrecarga, los vuelve a desconectar. Con esto, se evita no solo que funda los fusibles, sino también evita que salte el limitador general, y que solo ha hagan aquellos circuitos que sean prescindibles.

5. USIBLES UNDIDOS POR CORTOCIRCUITO

En un principio se ignora si un fusible ha fundido por sobrecarga o por cortocircuito. Se averigua este extremo, al colocar el fusible de repuesto; **si funde de inmediato es que hay un cortocircuito**, si funde después de pasado un tiempo de horas, o de días, es porque persiste la sobrecarga, no porque hay cortocircuito. En este caso proceder como se describió en el párrafo anterior.

En caso de cortocircuito **se abren todos los interruptores y se vuelven a cerrar uno a uno**, cerrando y abriendo si no funde. Repitiendo lo mismo con el siguiente, hasta localizar el sector en cortocircuito, una vez localizado el sector en corto se puede restablecer el servicio en las otras líneas y proceder a reparar la parte dañada.

Primero hay que averiguar si el corto está en la línea o en los receptores, por lo que procederá de la siguiente forma:

- Se desconectan todos los receptores, y se abren todos los interruptores de los que no puedan desconectarse.
- A continuación se comprueba con un ohmímetro las puntas de la línea que debe dar una continuidad superior a los 200.000 Ω.
- Si por el ohmímetro no se localiza el cortocircuito, se procede a ir cerrando los interruptores y comprobar que todos las lámparas funcionan.
- Cuando al cerrar un interruptor del que se derivas una línea con muchas derivaciones o es de larga longitud, y aparece el corto de nuevo, la manera de localizar la ubicación del cortocircuito es: **colocar una lámpara en serie con la cabeza de línea mientras la lámpara esté encendida el corto permanece cuando se apague es que se ha localizado la avería**. Esta lámpara debe ser de pocos vatios, porque al encender una lámpara que esté en condiciones se podrá en serie con la lámpara de cabecera de la línea, y podrá distinguirse la diferencia de iluminación de la lámpara.
- Si la línea no está en cortocircuito lo estará alguno de los receptores, por lo que se tendrán que comprobar todos hasta localizar el averiado.

6. CABLES DE ALIMENTACIÓN CORTADOS

Esta circunstancia tan **sólo se da en los cables flexibles de alimentación a la máquina sobre todo en los pequeños receptores**, como los casos de electrodomésticos portátiles de todo tipo, en que suele liar el cable cada vez que se recoge y se vuelve a desliar para usarlo. El corte de los cables suele ser por los extremos, **a uno o dos centímetros de la punta**, y casi nunca por el centro

7. BORNE SUELTO

En los casos que el cable manguera de alimentación a un receptor portátil es de una sección superior a 1,5 mm^2 es difícil que el cable se corte por retorcimiento, pero si suele soltarse del borne de la clavija.

Con líneas generales, también suele ocurrir que se aflojen los bornes una vez transcurrido un tiempo de uso, **sobre todo cuando hay más de un conductor en el mismo borne**.

Se detecta fácilmente porque el color que toma el material aislante del borne e incluso la punta del cable. El inconveniente de este defecto, es que acumulativo, el borne toma tal temperatura que la pieza de cobre se recuece y pierde su dureza, el cable se afloja y se produce un **chisporroteo que consume el cable**, la sección se reduce y aumenta la temperatura y el deterioro se va agrandando hasta que deja de hacer contacto.

Otras veces, **incluso puede producir el incendio del cuadro**. Pero el síntoma por el que detecta esta avería suele ser por la falta de una fase en el receptor. **Apretar el borne casi nunca es la solución**. Tratándose de un borne de conexión se cambia el borne, pero cuando se trata del borne de un interruptor hay que cambiar el interruptor completo, si se trata de un contactor, se puede cambiar solo el borne, ya que los contactores tienen conjuntos de repuestos de este tipo.

8. ALLO DE AISLAMIENTO SALTA EL DI ERENCIAL

Cuando intempestivamente salta un diferencial, lo normal es que se pueda volver a restablecer el servicio sin dificultad, pero si no es así, y el diferencial salta cada vez que se pretende restablecelo la avería está en algún receptor concreto, **se procede igual que para localizar un cortocircuito**, desconectando todos los receptores, conectar el diferencial y enchufar de nuevo, y uno a uno, cada receptor, hasta localizar el averiado.

Hay veces en que la avería no aperece con facilidad, unas veces salta con un receptor y otras con otro receptor distinto; en estos caso hay que buscar la avería en la línea, en una base de enchufe grasienta, en humedades que penetran por las cajas de empalme y síntomas que solo aparece cuando llueve etc.

Una **avería también muy difícil de encontrar se da con los receptores que emplean fuentes internas de rectificación de la corriente como son los televisores vídeos y ordenadores**. Si el número de estos receptores es **superior a seis**, los diferenciales normales saltan de forma intempestiva y con mucha frecuencia, la solución está en no cargar todos los ordenadores en la misma fase, si no es posible repartir entre varias fases **la solución será colocar diferenciales especiales super inmunizados que soporten los picos de corriente que se producen en estos tipos de receptores**.

Lo que **nunca puede hacerse es anular el diferencial puentearlo o quitarlo** es lo mismo que exponerse a un incendio o una electrocución, con lo cual se incurre en delito penado por la Ley por su responsabilidad en alunar un elemento de seguridad.

9. A ERÍA POR ALLO MECÁNICO

No suele ser una de las causas principales por la que deje de funcionar una máquina. De echo, solo **acurre en un 5 de las veces**. Entre las causas de fallo mecánico se encuentran:

- **Tornillería floja**, que producen **vibraciones y ruidos anómalos**. La reparación no solo está en apretar los tornillos sino que hace falta colocar arandelas de presión para que no vuelvan a aflojarse.
- **Mal asentamiento de la máquina**, que hace que **la máquina cojee vibre o incluso se mueva de su lugar produciendo ruidos intermitentes**. Se repara ajustando las patas, que suelen ser tornillos con zapatas, se aflojan cuando se retira una máquina para una reparación y se vuelve a colocar en su lugar arrastrándola, por lo que cada vez que se mueva conviene comprobar si todas las patas están sentadas en el suelo o hay alguna que se queda "coja".
- **Correa rota**. Si la correa de transmisión se parte se oirá el **ruido del motor funcionando pero la máquina no se mueve**, si la correa no se rompe del todo, se oyen porrazos de una parte de la correa golpeando contra las protecciones. En la sustitución de la correa se ha de tener mucho cuidado de no colocar otra de mayor longitud o de distinto grueso.
- **allos de cojinetes**. La falta de engrase de los rodamientos, hace que las bolas del cojinete se gasten (se dice que las bolas están cuadradas), el efecto es un **ruido continuo muy fuerte**, la reparación es sustituir el rodamiento. Hoy día para evitar la falta de engrase los cojinetes son estancos y no necesitan engrase periódico. Los ejes tienen por lo general dos cojinetes, lo normal es que se valla uno solo, pero se suelen sustituir los dos rodamientos al mismo tiempo "ya que si uno se ha ido en ese tiempo, al otro le tiene que faltar poco"

10. A ERÍA DEL CIRCUITO EL CTRICO

Cuando se trata de circuitos electrónicos, se repara cambiando el conjunto afectado por otro nuevo, **sin localizar el componente concreto averiado**. Tratándose de circuitos eléctricos los síntomas suelen ser:

- Desconexión del magnetotérmico o fundido de fusibles
- Desconexión del diferencial
- Los dos síntomas anteriores al mismo tiempo

- No hay síntomas, solo deja de funcionar

La frecuencia por averías eléctricas de la máquina suele rondar el 15 % de las veces, y cada nueva máquina que sale al mercado rebaja este tanto por ciento.

11. DESCONEXIÓN DEL MA NETOT RMICO O UNDIDO DE USIBLES

Indicio de **consumo excesivo de corriente**, el motivo puede ser debido al frenado del motor por causa mecánica, falta de una fase o quemado de una fase.

12. DESCONEXIÓN DEL DI ERENCIAL

Evidencia clara de **derivación a tierra**, en las resistencias de calefacción al producirse el corte (chispazo) de la resistencia la resistencia se deriva de inmediato, una avería similar ocurre cuando se suelta un conductor y cae sobre parte metálica, también cuando a causa de un roce indebido de una pieza giratoria contra un conductor, el roce acaba por desgastar el aislante y producir la derivación.

13. LOS DOS SÍNTOMAS ANTERIORES AL MISMO TIEMPO

Cuando se produce un consumo excesivo, y al mismo tiempo una derivación a tierra, la causa es sin duda alguna **motor quemado**, al menos en dos fases, y muy pocas veces las tres fases al mismo tiempo.

14. NO HA SÍNTOMAS SOLO DE A DE UNCIONAR

Cuando llega corriente a la máquina, y esté descartado un fallo en el conducto de alimentación, y comprobado que todos los fusibles están intactos, la causa hay que buscarla en los distintos **sensores de seguridad que tiene la máquina**. El primer sensor que hay que comprobar es el de **cierres de puertas**, seguido del **sensor de control de temperatura**, situados en la parte superior donde estén los generadores de calor, como resistencias y sobre el bobinado del motor.

Las comprobaciones del interior de la máquina deben de hacerse **con desconexión total a motor parado**, si no se encuentra la causa, o si se ha encontrado una causa probable, se puede verificar el funcionamiento quitando todas protecciones que impidan ver el interior y observar a prudente distancia.

Otra causa es que **alg n conductor esté suelto**, debido a bornes quemados, **se localiza moviendo los cables con precaución** no vaya a ser que se produzcan chispas que puedan producir quemaduras en la piel o lesiones en los ojos; también hay que ser precavido con las partes mecánicas que pueden ponerse inesperadamente en funcionamiento al restablecerse el contacto.

Algunas máquinas, llevan **mecanismo de tiempo**, cuando estos dispositivos son mecánicos se puede producir un atasco del mecanismo, que se repara con una pequeña limpieza; pero, si son electrónicos, se puede **puentear por un momento** para descartar esta posibilidad.

15. MANTENIMIENTO

Se usa la palabra mantenimiento para definir las **operaciones necesarias que aseguren el correcto funcionamiento de la maquinaria** y el edificio. El mantenimiento puede ser **preventivo** o **correctivo**.

Se entiende por **mantenimiento preventivo**, aquel que se dedica a **prevenir los fallos en el funcionamiento**, llevando a cabo las operaciones recomendadas por el fabricante de engrases, recambios de piezas en el tiempo previsto y controles de inspección programados.

Mantenimiento correctivo es el que se lleva a cabo **en el momento que se produce un fallo**. Este mantenimiento se caracteriza por producirse en momentos inesperados, y cuya solución suele ser costosa y requerir una segunda actuación del personal dedicado a esta tarea.

Un mantenimiento preventivo no descarta el mantenimiento correctivo, pero si lo reduce muy notablemente. El mantenimiento debe de contemplar ambos sistemas, recibiendo el nombre de **mantenimiento global** en el organigrama de la figura 1 se muestran las exigencias de un mantenimiento global que contempla las dos posibilidades de actuación por parte del personal de mantenimiento.

El personal de mantenimiento debe estar formado para **dominar varias técnicas**, que corresponden a oficios diferentes, el personal de mantenimiento realiza labores de mecánica, electricidad, fontanería climatización y albañilería. Por cubrir todas estas necesidades **reciben un jornal superior pero también suelen tener un horario muy variable**, ya que si bien tienen una labor programada, también tiene que acudir a las interrupciones imprevistas y solucionarlas con la máxima rapidez.

16. OR ANI RAMA DEL MANTENIMIENTO.

El mantenimiento tiene por exigencia que **no se interrumpa la producción por ninguna causa**. Dos formas hay para organizar el mantenimiento, el preventivo, cuya misión es **adelantarse al fallo** por desgaste natural, haciendo inspecciones, sustituyendo a tiempo las piezas, es decir evitar las avería.

Figura 1 ORGANIGRAMA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO

Si a pesar del mantenimiento preventivo surge un fallo imprevisto, el mantenimiento correctivo debe actuar rápidamente para repararlo.

Después de cada actuación de mantenimiento **debe de analizarse si el fallo ha sido por una causa normal o imprevista**. También se ha de calcular lo que el paro ha afectado a la producción y los gastos que este fallo ha originado, como pago de jornales al personal que se ve afectado del paro y del que actúa en la reparación.

De este análisis debe de surgir unas conclusiones y si hay motivo para ellos unas propuestas de mejoras, compras de repuestos, herramientas o reformas en el mantenimiento.

Anualmente el ingeniero encargado del mantenimiento con los informes recabados del personal de mantenimiento **elaborará unas previsiones** que entregará al director de la fábrica.

Un buen mantenimiento es aquel que no tiene parada en la producción. Este objetivo exige una constante vigilancia y una búsqueda incansable en mejorarlo.

17. UN SUPUESTO DE MANTENIMIENTO EL CTRICO

Para una instalación de alumbrado con 300 tubos fluorescentes de 40 W situados a tres metros de altura hace falta calcular:

1. Las horas de funcionamiento mensuales para reponerlos sin rebasar la vida media que da el fabricante
2. Componentes que además del tubo, son necesarios reponer
3. Horas necesaria en efectuar la sustitución
4. Útiles necesarios, escaleras, andamios, herramientas
5. Medidas de seguridad
6. Día y hora para comenzar el recambio sin que afecte al normal funcionamiento

Al terminar se debe de **analizar los tiempos previstos y compararlos con los reales**, sobre todo **el punto 2 servirá para posteriores actuaciones**. Las herramientas y los útiles son otro de los puntos importantes a tener en cuanta, pero **el más principal de todos es el tiempo** que dependerá de la cantidad de personal que se emplee.

El número total de horas utilizadas se dividirá entre las personas empleadas y se obtendrá el valor de **hombres horas y el coste medio que supone los hombres horas empleado**.

En muchas ocasiones para cambiar los tubos es necesario paralizar la actividad, por lo que **la sustitución tiene que hacerse en las horas de descanso**. Por tanto, debe de estar terminado y quitado los andamios antes de que se reanude la actividad de nuevo.

18. OR ANI RAMA EN UNCIÓN DE LA EMPRESA

Por el hecho de ser **el mantenimiento una función dentro de la empresa**, significa que tiene tanta importancia como cualquier otra función de la empresa, pero convine distinguir entre el organigrama dentro de la empresa y el organigrama interno del servicio de mantenimiento.

En la figura 2 aparece el organigrama típico dentro de una empresa, que dependiendo de la importancia de la empresa puede ser diferente, pasando a depender directamente de la dirección, en empresas de menor volumen.

Figura 2 ORGANIGRAMA GENERAL DE UNA EMPRESA

En esta distribución el servicio de mantenimiento, **depende directamente del jefe de producción**.

19. OR ANI RAMA ENERAL DE LA PRODUCCIÓN

Dentro de la industria que se ha tomado como ejemplo, la producción se divide a su vez en cuatro departamentos, como se puede observar en la figura 3.

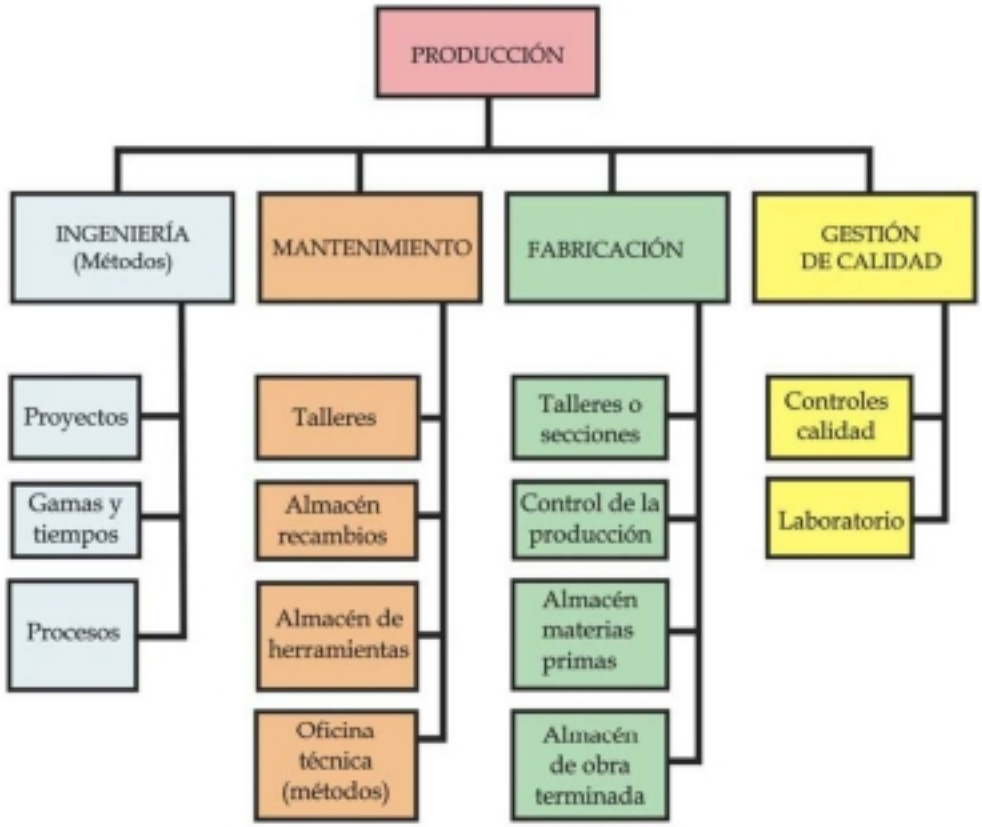


Figura 3 ORGANIGRAMA DE LAS FUNCIONES DE PRODUCCIÓN

En aquellas empresas en que el servicio de mantenimiento no está integrado en la producción, los rendimientos son siempre inferiores, creándose prioridades distintas a las realmente necesarias por no existir un entendimiento estrecho entre Producción y Mantenimiento.

20. OR ANIZACIÓN INTERNA DEL MANTENIMIENTO

Dependiendo del tamaño de la empresa puede existir un solo taller, con personal especializado en varios oficios, o diversos talleres con especialistas en un solo oficio por taller.

Todos **estos talleres de mantenimiento son coordinados por una oficina técnica**, cuya preocupación principal es la eliminación de fallos en la producción (figura 3), y lo hace elaborando planes de mantenimiento, supervisándolo y analizando los resultados.

Para realizar el mantenimiento pronto y rápido, **el almacén de repuestos debe depender directamente del servicio de mantenimiento**, al igual que todo el herramental especial.

21. MANTENIMIENTO CONTRATADO

Hoy día se está extendiendo el **mantenimiento contratado**, si bien la opinión general entre los responsables de fabricación y mantenimiento es que la gestión de los sistemas de producción debe realizarse por personal de la propia empresa, con el fin de aprovechar la maestría adquirida, sin que se excluya del todo la necesidad de este tipo de intervención.

El servicio de mantenimiento contratado se realiza en dos vertientes (figura 4):

Figura 4 MANTENIMIENTO CONTRATADO

- Visitas periódicas, programadas y acordadas ante previsiones de los constructores
- Con presencia permanente del personal especialista contratado, altamente cualificado en tecnología punta.

22. CON ECCIÓN DE IN ORMES DE MANTENIMIENTO

Los informes se generan tras una intervención de mantenimiento correctivo, en el que analiza:

- El motivo del fallo.
- Los antecedentes, si no es la primera vez que sucede y tiempo transcurrido.
- La prevención de que pueda repetirse y tiempo que se calcula.
- El volumen de la perturbación producida.
- Tiempo tardado
- Forma de acortar este tiempo en próximas actuación
- Propuesta para impedir que se repita la interrupción de la cadena de producción.
- En su caso, propuesta de reforma en la maquinaria.

Todo informe ha **de ser estudiado con detenimiento por el gabinete de planificación del servicio de mantenimiento**, antes de ser elevado a un nivel de responsabilidad mayor.

23. HO AS DE PARTES DE A ERÍAS

No todas las actuaciones del servicio correctivo de mantenimiento, tienen su origen en una orden del servicio preventivo, **con mucha frecuencia está motivada por una solicitud del usuario de la máquina**, de primer nivel, o de un jefe de sección, estas órdenes pueden hacerse por llamada de teléfono al encargado de mantenimiento si es urgente y **requiere una intervención inmediata**.

Cuando no es tan urgente se solicita dando aviso mediante impreso establecido donde se especifica lo que se solicita y el motivo, señalando si es preciso el lugar geográfico de actuación y el **nombre de la persona que lo solicita a fin de que se le pueda preguntar caso de necesitarse aclaración**.

La solicitud da origen a una orden de actuación llamada **orden de reparación** (ver figura 5), en algunas empresas, la orden de reparación es el mismo parte de avería, que se le añade el nombre de la persona que se le ordena proceder a la reparación, y finalmente, cuando ha sido efectuada la reparación, el solicitante firma la conformidad o disiente del trabajo efectuado.

RAZÓN SOCIAL	PARTE DE AVERÍAS	Nº

FABRICACIÓN

DE _____ LÍNEA _____ A MANTENIMIENTO

Tipo de avería

Código de urgencia

Máquina

Marca

Código

MANTENIMIENTO

INFORME REPARACIÓN

EMISIÓN	RECEPCIÓN	REPARACIÓN	OBSERVACIONES	IMPUTACIÓN
Fecha Hora	Fecha Hora	Fecha Hora		
Firma	Firma	Firmas		

Anverso

Reverso

COSTE DE LA REPARACIÓN	IMPUTACIÓN

Nº DE OPERARIO	DÍA	Categoría	Tiempo	Euros M.O.	Materiales	Euros	
Total horas Mano de Obra		Total materiales			Autorización	Total reparación	

Figura 5 PARTE DE AVERÍAS

24. ORDEN DE REPARACIÓN

Difiere del parte de avería, en que la solicitud parte de una persona ajena al taller, y en que **la descripción del trabajo a realizar no suele ser muy concreta**. El jefe del taller da la orden al operario que considera más oportuno y este se desplaza para realizar el trabajo, llevando consigo un pequeño lote de repuestos, de lo que considere necesario, así como herramientas de mano varias, pensando siempre que tiene que ser algo relacionado con lo que le han dicho, pero con la experiencia de que puede ser algo parecido, y no exactamente lo que se le ha dicho.

Por lo general, esta solicitud de trabajo se realiza por teléfono y se requiere prontitud de respuesta.

En la figura 6, puede verse una orden de trabajo, de una empresa de seguros hogar, especializada en reparaciones domiciliarias.

Figura 6 ORDEN DE TRABAJO

25. HISTORIAL DE A ERÍAS

De una máquina o maquinaria de una cadena de producción, **interesa saber cuantas horas queda fuera de servicio y cuánto cuesta mantenerla en funcionamiento** a fin de valorar la eficacia y la conveniencia o no de renovación por otra más eficaz.

En la figura 7 se ha resumido en una ficha los datos técnicos y económicos de las diferentes intervenciones realizadas para reparar averías de cada equipo o máquina que intervienen en el ciclo de producción.

Razón Social	HISTORIAL DE AVERÍAS	ÓRGANOS PRINCIPALES	A ____ B ____ C ____ D ____ E ____	F ____ G ____ H ____ I ____	Máquina Marca Código

Fecha	Localización de avería A B C D E F G H I	Nº del Parte de avería	Trabajos realizados	Horas de parada máquina	Hombres - horas Mecánica	Eléctricidad	Otros	Totales	Importe M.O. Euros	Importe Materiales	Total en Euros

LISTA BASE DE RECAMBIOS	Máquina Marca Código	Grupo de máquinas similares (Matrícula)			

Nº de plano	Referencia comercial	Denominación	Proveedor	Nº de plano	Referencia comercial	Denominación	Proveedor

Figura 7 HISTORIAL DE AVERÍAS

En la **oficina técnica de mantenimiento** se abrirá un fichero que contendrá **una ficha por cada máquina**, sobre la cual se irán recogiendo los datos de los diferentes partes de averías.

Las ordenes de reparación de archivan, hasta que sean inscritos en el **libro particular de la máquina**, y si se hacen modificaciones se anotarán estas y se archivarán los planos en la carpeta de modificaciones.

En la ficha de historial los datos que interesa conocer son:

- Fecha y número del parte de avería.
- Órgano donde estuvo localizada la avería.
- Detalle de los trabajos realizados.
- Horas de parada de la máquina o del conjunto.
- Horas de intervención.
- Importe de la mano de obra empleada
- Importe de los materiales y recambios empleados.
- Importe total de la reparación.

Cada seis meses se realizarán res menes para informar al jefe de producción de los costos; que irán resumidos de forma estadística, y acompañado de una copia del historial, para mayor información.

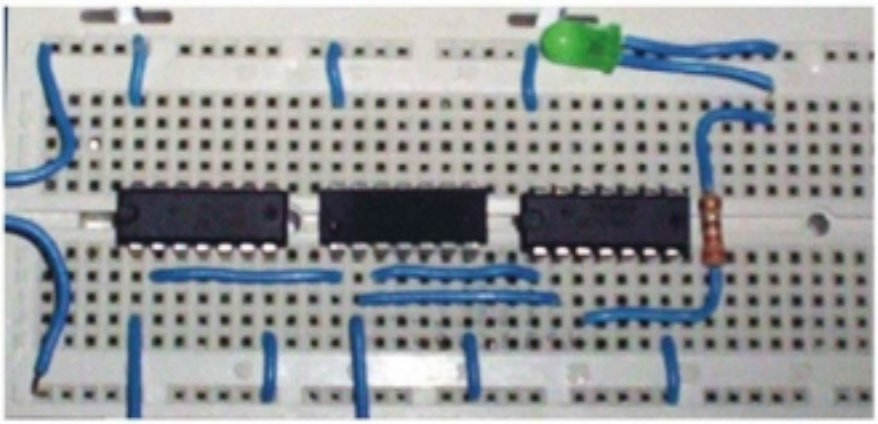
CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

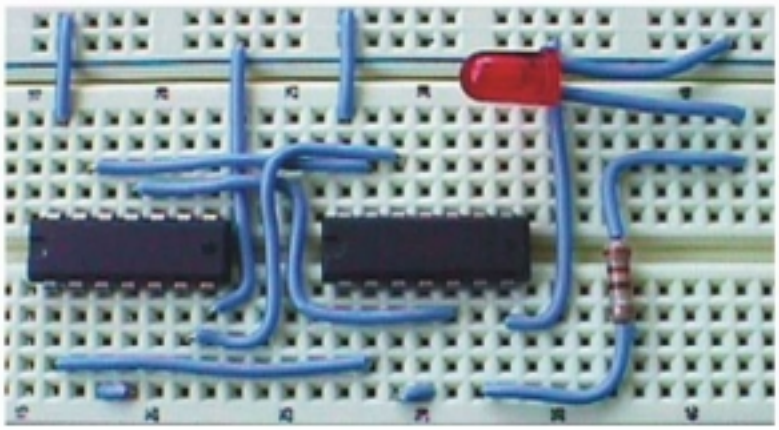
Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 2
Equipos electrónicos de maniobra
y dispositivos de regulación y control

Tema 8
Funciones lógicas





Tema 8

Control lógico: Cableado programable

1. Introducción 1
2. Componentes electrónicos del cableado programable 1
3. Diodo de potencia 2
4. Constitución y funcionamiento del diodo 2
5. Tipos de diodos de potencia 4
6. Radiadores de calor 6
7. Variantes de disipadores de calor 8
8. Los tiristores 10
9. Constitución y funcionamiento del tiristor 10
10. Rectificador controlado de silicio SCR 12
11. Constitución del SCR 13
12. Funcionamiento del SCR 13
13. Características del SCR 14
14. Tiristores como elemento de potencia 15
15. Aplicaciones de los tiristores 16
16. Diodo alternativo de corriente (DIAC) 18
17. Constitución del DIAC 18
18. Funcionamiento del DIAC 18
19. Aplicaciones del DIAC 19
20. Triodo alternativo (TRIAC) 20
21. Transistores 23
22. El transistor bipolar 23
23. El transistor bipolar en conmutación 24
24. Temporizador 555 28
25. Empleo del 555 como multivibrador monoestable 31
26. Empleo del 555 como multivibrador astable 36
27. El sistema binario 38
28. Noción de función 41
29. Función lógica 41
30. Función igualdad 42
31. Función lógica básica 45
32. Combinación de circuitos lógicos 55
33. Álgebra de Boole 57
34. Diagrama de Karnaugh 62
36. Mapa de Karnaugh 62

Tema 8

Control lógico: Cableado programable

1. INTRODUCCIÓN

Hasta mediados del siglo XX todos los problemas que podían presentarse en el funcionamiento de una máquina se resolvían utilizando un circuito específico para cada aplicación, sincronizándose el funcionamiento del conjunto mediante cableado físico muy importante. Sin embargo, cuando se intentaba adaptar la máquina a una circunstancia diferente a la prevista, las modificaciones del cableado tenían que ser profundas; Por lo que, en muchos casos, se optaba por cambiar la máquina completa, ya que resultaba ser la opción más económica. El control lógico permite modificar los ciclos de funcionamiento sin necesidad de modificar el cableado físico, que se convierte, gracias a los componentes electrónicos, en cableado programable.

2. COMPONENTES ELECTRÓNICO DEL CABLEADO PROGRAMABLE

La **base de todo sistema programable es el temporizador**, un dispositivo electrónico que abre, o cierra, un circuito en un tiempo predeterminado. Como un circuito electrónico que es, necesita en su composición elementos esenciales como él:

- Diodo
- Tiristor
- Diac
- Triac
- Transistor
- Temporizador 555
- Circuitos lógicos

3. DIODO DE POTENCIA

El elemento básico, de cualquier circuito electrónico, es **el diodo**. Su principal función es la de rectificar la corriente.

Se le llama **diodo de potencia** al diodo semiconductor que se utiliza en circuitos donde se requieren **grandes corrientes**, altas temperaturas y tensiones inversas muy superiores a las de diodos convencionales.

La principal función, del diodo, es la de hacer la rectificación en fuentes de alimentación de potencia.

4. CONSTITUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL DIODO.

El diodo, está constituido de un material semiconductor intrinseco como es **el silicio**.

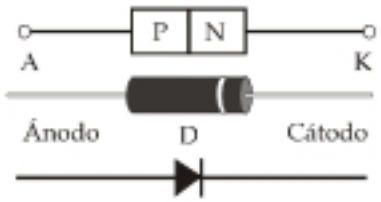


Figura 1 DIODO Y SU REPRESENTACIÓN

El diodo de potencia es fruto de la unión de un material extrinseco **P** (3 electrones en su última capa), con otro de tipo **N** (5 electrones en su última capa), Figura 1. En la unión de los dos cristales se formaba una zona aislante, que se llama barrera de potencial, cuyo valor es de **0,45V**. **Una vez que se supera este valor de tensión, el diodo se comporta como un interruptor cerrado** (Figura 2) siempre que estuviese directamente polarizado, es decir, positivo al cristal P **"ÁNODO"** y el negativo al cristal N **"CÁTODO"**

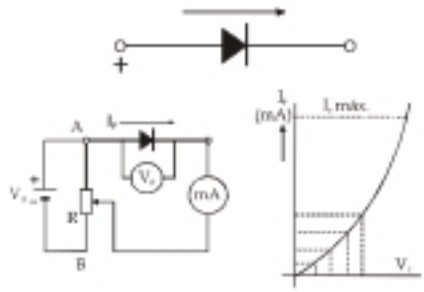


Figura 2 PASO DE CORRIENTE POR EL DIODO

Cuando se polariza inversamente: negativo al cristal P (ánodo), y positivo al cristal N (cátodo). Entonces la barrera de potencial se hace más ancha y la corriente no puede pasar, por lo tanto, se comporta **como un interruptor abierto**, figura 3.

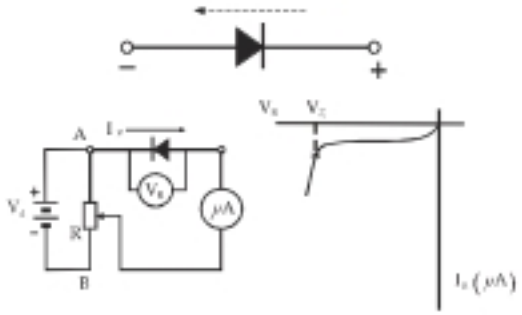


Figura 3 BARRERA AL PASO DE CORRIENTE

El funcionamiento interno del diodo de potencia es exactamente igual al del diodo ordinario, pero como ya se dijo en la introducción, este diodo está preparado para soportar corrientes mucho mayores que el otro diodo.

A simple vista, **es fácil diferenciar un diodo normal de uno de potencia**. Puesto que, **el material que encapsula al diodo normal es plástico** (figura 1, que tolera poca temperatura), **mientras que el diodo de potencia está encapsulado por material metálico**, soportando mayor temperatura. En la figura 4 y siguientes, se representa la forma que tienen los diodos de potencia (la parte inferior puede corresponder al cátodo, y la parte superior corresponde al ánodo, otras veces es al contrario, para evitar errores, se marca el diodo con el símbolo 1 o 2).

Marca en el diodo de potencia

5. TIPOS DE DIODOS DE POTENCIA.

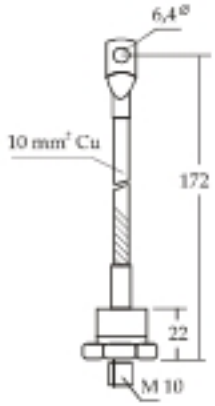


Figura 4 DIODO DE POTENCIA CON CÁTODO ROSCADO.

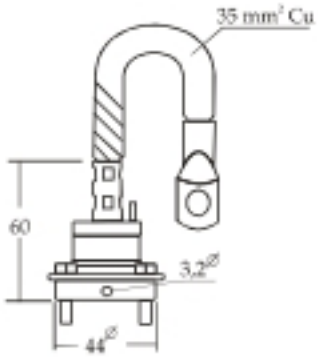


Figura 5 DIODO DE POTENCIA CON CÁTODO PLANO.

Aunque, la generalización es dificil, se puede afirmar que para intensidades comprendidas entre **5** y **40 A** (con tensiones inversas entre 50 a 1200 V) son de tipo ánodo rigido y encapsulado, figura 6.

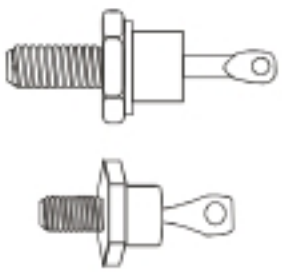


Figura 6 DIODO DE POTENCIA PARA CORRIENTES MEDIAS.

Para intensidades elevadas, en la gama que va de **100** a **275 A** (con tensiones inversas de 50 a 1600 V), los diodos son de ánodo flexible y encapsulados (Figura 7)

Figura 7 DIODOS DE 100 A 275 A

Y, por último, en la gama más alta, es decir, la comprendida entre **400** y **1500 A** (con tensiones inversas de 100 a 300V), los diodos pertenecen al tipo "press-pak", en dos variedades de encapsulado, figura 10.

Figura 8 DIODOS PRESS-PAK DE 400 A Y 1.500 A

Esta variante consiste en la utilización de diodos de tipo "press-pak", son dispositivos en forma cilíndrica con dos caras planas, correspondientes a sus dos terminales, cada una de las cuales tiene un pequeño alojamiento cilíndrico en su centro.

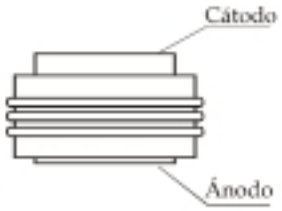


Figura 9 DIODO DE POTENCIA "PRESS-PAK".

Cuando los diodos "press-pak" son para grandes intensidades (el caso más frecuente), las mordazas de sujeción suelen ser huecas, permitiendo la circulación de agua de refrigeración en circuito cerrado. En la figura 10 puede verse un montaje muy utilizado, que consta de dos diodos "press-pak" refrigerados por agua.

La entrada se realiza por los extremos mientras que la salida es común a ambos.

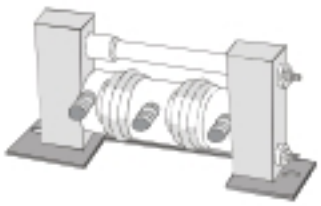


Figura 10 MONTAJE DE DIODOS REFRIGERADOS POR AGUA

6. RADIADORES DE CALOR.

El paso de corrientes altas, origina también altas temperaturas en el encapsulado metálico, que por sí solo, no es suficiente para dispersar todo el calor producido; por lo que, se utilizan **radiadores** o **disipadores de calor**.

En general, todos los elementos de potencia, alcanzan temperaturas muy altas (no conveniente), debido a las grandes corrientes que pasan por él (**1500 A** en los press-pak). Por esto, el radiador o disipador de calor, es un complemento fundamental a la hora de hacer algún montaje con elementos de potencia (diodos, transistores, etc.); debido a que los componentes necesitan entregar al ambiente una parte de la potencia consumida, en forma de calor, la cantidad de calorías se determina por la fórmula:

$$Q = 0{,}24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

Cuando la disipación de potencia, de un componente, es elevada, su transformación en calor puede llega a producir daños en la estructura interna. En estos casos, se necesita un disipador adecuado que **facilite la refrigeración** para que el elemento no alcance esas temperaturas peligrosas durante su funcionamiento.

En algunos conjuntos de diodos y transistores, que van montados formando unidad, la potencia de radiación calorífica son tan elevadas que es necesario la refrigeración forzosa, a base de **un ventilador que acelere la evacuación de calor**, en otos casos, bastará solo con el disipador en forma de aletas.

El calor se transmite de tres maneras diferentes, y en muchos casos, de forma simultanea. Que son:

- Radiación
- Convención y
- Conducción.

Radiación.

La radiación de calor es una forma de transmisión a través de ondas electromagnéticas (figura 11), de la misma forma que se emplea en la emisión de radio frecuencia.

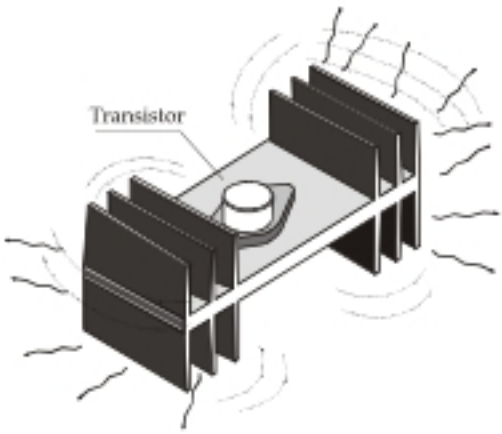


Figura 11 ENFRIAMIENTO POR RADIACIÓN

Convención.

Es un proceso bastante sencillo. El aire al calentarse pesa menos, por lo que este sube y el lugar que ocupaba es renovado por aire frío (figura 12)

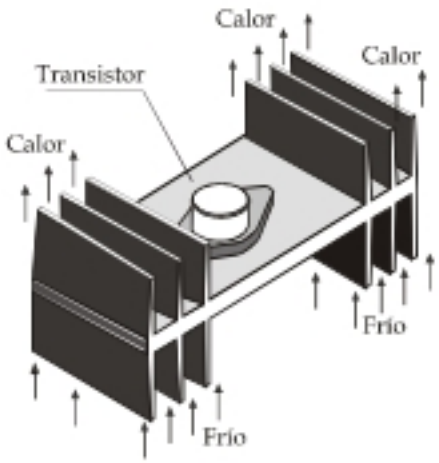


Figura 12 REFRIGERACIÓN POR CONVENCIÓN

Conducción.

El proceso natural de transmisión de calor de un cuerpo, sobre otro mayor, hace que éste reparta el calor por todos los lados (figura 13).

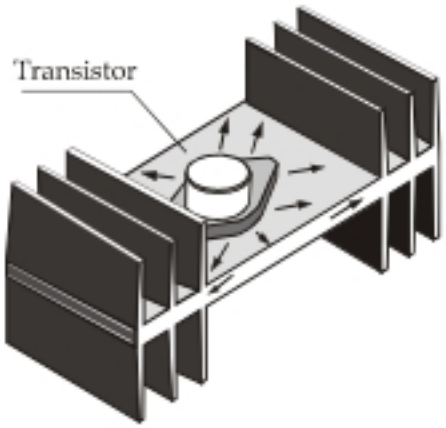


Figura 13 ENFRIAMIENTO POR CONDUCCIÓN

7. VARIANTES DE DISIPADORES DEL CALOR

Por lo que refiere al montaje de diodos en sus respectivos radiadores, **unas veces interesa aislar al cátodo del cuerpo del radiador**, utilizándose pastas dieléctricas especiales. En **otros casos se precisa de un buen contacto eléctrico y metálico** (para facilitar la transmisión de calor) entre cátodo y el cuerpo del radiador; entonces, se emplea óxido metálico de carga elevada, en forma de pasta fácilmente aplicable.

En la figura 14, se ve al diodo cátodo roscado como se fija al radiador mediante unos tornillos.

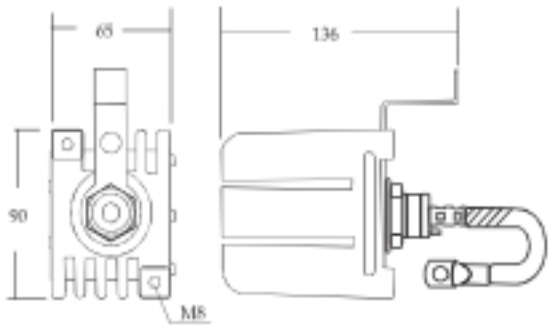


Figura 14 DIODO DE CÁTODO ROSCADO CON RADIADOR

En la figura 15, se puede observar como el diodo de cátodo plano, también va fijado al radiador mediante tornillos, logrando una buena fijación y un contacto eléctrico adecuado.

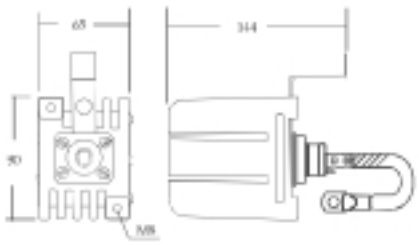


Figura 15 DIODO DE CÁTODO PLANO CON RADIADOR

En la figura 16 pueden verse algunos radiadores de aletas para diodos de potencia de ánodo flexible.

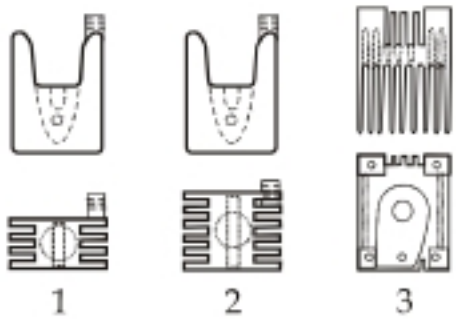


Figura 16 RADIADORES DE ALETA

Para el diodo de tipo "press-pak", es necesario un disipador cuya superficie útil de evacuación de calor es **extraordinariamente grande**, debido al gran número de aletas que posee (figura 17).

Figura 17 DISIPADOR DE GRAN SUPERFICIE

8. LOS TIRISTORES

Se le llama ***tiristor*** al elemento electrónico llamado **SCR,** mientras que en la realidad, el nombre de tiristor es un nombre genérico y sirve para designar un conjunto bastante grande de elementos semiconductores que se estudia en este tema.

También interesa hacer constar, que **los tiristores de potencia**, en cualquiera de sus modalidades. Son perfectamente **equiparables a los diodos de potencia**, en cuestiones tales como formatos, (a excepción del terminal o terminales de control), características eléctricas, etc., aunque su precio resulta en general, más elevado para intensidades de utilización, y tensiones inversas similares.

9. CONSTITUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL TIRISTOR.

Recibe el nombre de **tiristor el conjunto formado por la unión de cuatro cristales semiconductores**, según la secuencia P-N-P-N.

Al electrodo del cristal P colocado a un extremo se le denomina (**ánodo "A"**) y al electrodo conectado al cristal N, se le denomina (**cátodo "K"**), figura 18.

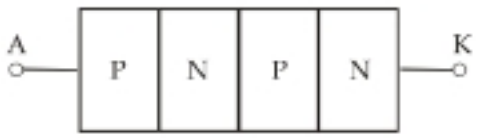


Figura 18 ESTRUCTURA DEL TIRISTOR

Para interpretar de una forma sencilla el funcionamiento de este dispositivo, suele recurrirse a dos procedimientos: el de asimilarlo a un conjunto formado por **dos transistores** (figura 19) o el de considerarlo como un elemento cuya estructura interna es **equivalente a tres diodos** (figura 20). Debido a su mayor compresión, en este tema, se ha optado por esta última.

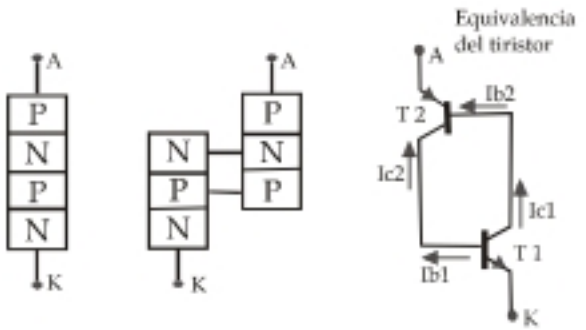


Figura 19 EQUIPARACIÓN DEL TIRISTOR CON TRANSISTORES

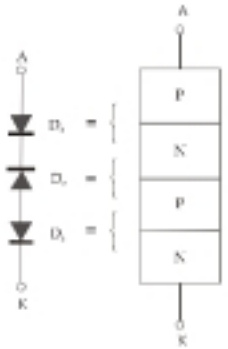


Figura 20 EQUIPARACIÓN DEL TIRISTOR CON DIODOS

Obsérvese que la figura 20, los diodos D_1 y D_2 se encuentran en el mismo sentido que el diodo D_2 está conectado en oposición, o invertido, respecto a los primeros.

Vease que le ocurre a un tiristor cuando se le aplica una tensión variable entre sus extremos, según indica el circuito de la figura 21.

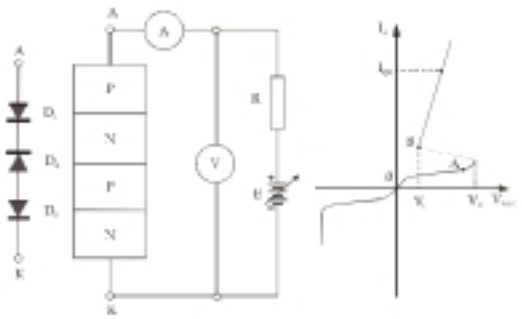


Figura 21 REACCIÓN DEL TIRISTOR A UNA TENSIÓN VARIABLE

Al aumentar el potencial positivo del ánodo, el tiristor permite un pequeñísimo paso de corriente, ya que, aunque los diodos D_1 y D_3 están polarizados directamente, el diodo D_2 está sometido a una polarización inversa y por lo tanto, la corriente inversa de D_2.

Este proceso se corresponde con el tramo de la curva OA.

Si se sigue aumentando la tensión hasta un valor V_D, denominado tensión de disparo. El diodo D_2 se encuentra sometido a la *tensión de avalancha*, con lo que la corriente ya no es controlada por la tensión aplicada, sino simplemente por la resistencia exterior R y las resistencias internas de los diodos D_1 y D_3.

Por esta razón, una vez alcanzado el valor V_D, la tensión cae bruscamente y la corriente alcanza el valor I_{QR}, con lo que el tiristor conduce sin poder controlar ya el valor de I_{QR} con la tensión aplicada.

El punto B de la curva característica, corresponde el valor V_f *-tensión de funcionamiento-*, que es el valor en voltios de la caída de tensión de los diodos D_1 y D_3, conjuntamente.

Si se invierte la polarización, los diodos D_1 y D_3 se encuentran polarizados inversamente y D_2 queda en sentido directo, con lo que esta parte de la curva característica es idéntica y prácticamente igual a la de un diodo. Obsérvese que a pesar de que el tiristor posee cierto parecido con el transistor, hay una diferencia en todo lo relativo al control de la corriente que circula por ellos. Mientras que un transistor, ésta corriente, está controlada por la acción de la base, en un tiristor no existe ningún control sobre la misma después del momento inicial de disparo.

Es preciso, por tanto, definir algún procedimiento de bloqueo del tiristor, de forma que pueda volver a estar controlado por cualquiera de los mecanismos que enseguida veremos. Este procedimiento consiste en aplicar entre ánodo y cátodo una tensión inversa. De esta manera, el tiristor, pasará al estado bloqueo en un cierto de periodo de tiempo, denominado ***tiempo de bloqueo***. La tensión inversa podía, seguidamente, ser desconectada, manteniéndose el tiristor en la situación adquirida.

10. RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO SCR.

El **SCR** o Rectificador Controlado de Silicio, **generalmente denominado tiristor**, es un dispositivo de la familia de los tiristores que consta de otro electrodo denominado "***puerta***", que suele ser designado por la letra **G**.

11. CONSTITUCIÓN DEL SCR.

En la figura 22, puede verse la constitución interna de un tiristor SCR y su correspondiente símbolo.

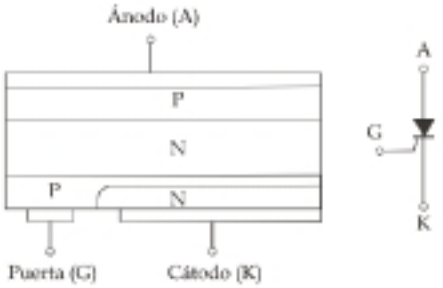


Figura 22 CONSTITUCIÓN DE UN TIRISTOR

12. FUNCIONAMIENTO DEL SCR.

En la figura 23, puede verse que si se inyectan portadores de carga en la zona P (**huecos**) a través de la **puerta G**, la zona de difusión del diodo D_2 se reducirá. Y, en consecuencia, también disminuirá la tensión de disparo V_D. Es, pues, evidente que si en un SCR se polariza positivamente la puerta respecto al cátodo, la tensión de disparo disminuye, tanto más cuanto mayor sea la diferencia de potencial citada.

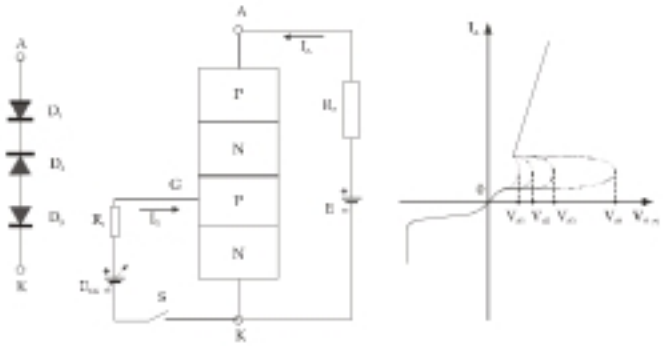


Figura 23 EL TIRISTOR COMO ELEMENTO DE CONTROL

Por lo tanto, la puerta de un tiristor es un elemento de control de disparo del mismo.

Cuando en un tiristor se ha producido el disparo por corriente de puerta, ya no es necesario que se mantenga I_G, puesto que I_A ya no puede ser modificado. Por otra parte si se mantuviese I_G esta travesearía al diodo D_3, pudiéndose provocar su destrucción al sumarse a la corriente principal I_A.

Además de la forma de disparo anterior, existen otras que convienen conocer, ya que pueden ser útiles en cualquier aplicación de este elemento. Son las siguientes:

- Tensión: Al aumentar la tensión ánodo-cátodo, el tiristor pasa al estado de conducción al alcanzarse el valor V_D.
- Variación rápida de la tensión: Si la tensión ánodo-cátodo varía bruscamente, se produce una transmisión de dicha variación hacia el interior del componente, debido a un efecto capacitivo, iniciándose a partir de ella el proceso regenerativo del disparo.
- Temperatura: El efecto de la temperatura es el de aumentar la corriente de deriva. En el momento que se alcance la corriente suficiente para iniciar la regulación, el tiristor pasará al estado de conducción.
- Luz: El caso de los tiristores accionados por la luz, denominados LASCS, se producirá un disparo con la luz incidente sobre el mismo.

13. CARACTERÍSTICAS DEL SCR.

Las características que definen a un tiristor son las siguientes:

- $I_{T(RMS)}$: Máxima corriente alterna eficaz que puede conducir.
- $I_{T(AV)}$: Máxima corriente continua en conducción de 180º.
- V_{TM}: Tensión directa máxima en conducción de 180º.
- V_{RRM}: Tensión inversa máxima repetitiva que puede aplicarse al tiristor.
- V_{FRM}: Tensión directa máxima que puede aplicarse sin provocar el disparo.
- I_{QT}: Corriente mínima de puerta para el disparo.
- I_{GD}: Corriente máxima de puerta que se puede aplicar sin alcanzar el disparo.
- V_{DT}: Tensión de puerta necesaria para producir la corriente de disparo.
- V_{GTmax}: Tensión máxima de puerta par el disparo.
- V_{GTmin}: Tensión mínima de puerta para garantizar la corriente de disparo del tiristor.

Todas ellas se encuentran debidamente reflejadas en las Tablas de Características de los diferentes fabricantes.

14. TIRISTOR COMO ELEMENTO DE POTENCIA.

El tiristor de potencia es absolutamente igual a lo indicado para los diodos respecto a: materiales, tipo de encapsulamiento, fijación, radiadores, etc., con la única salvedad de que estos tienen un terminal más, la puerta. Además, normalmente en los encapsulados existe un electrodo roscado, en lugar de tratarse de cátodo (caso de los diodos de potencia) se trata del ánodo, estando en el otro extremo los restantes terminales.

En cuanto a la pasta y otros materiales empleados para el montaje correcto en radiadores, son los mismos que para los diodos.

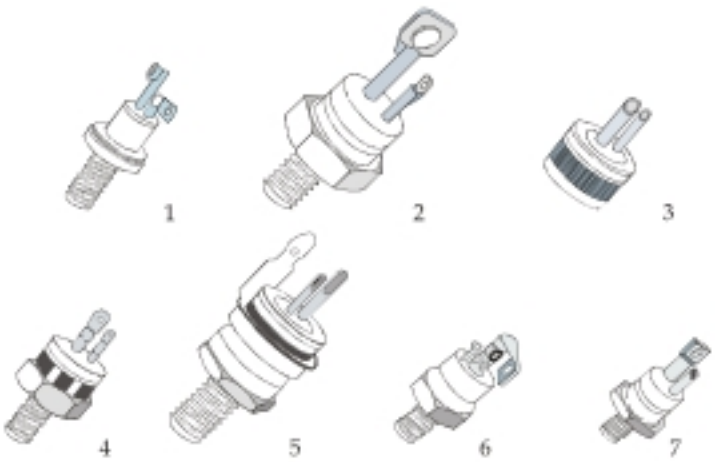


Figura 24 TIRISTORES DE 7,5 A 110 A

A pesar de que al igual que sucedía en los diodos de potencia la generalización es difícil, se puede afirmar que: para intensidades comprendidas entre **7,5** y **110 A** (con tensiones inversas de 25 a 1300 V), los tiristores son de cátodo rígido y encapsulados (figura 24).

Para intensidades elevadas, en la gama que va de **180** a **470 A** (con tensiones inversas de 25 a 1700 V). Los tiristores son de cátodo flexibles o formato "press-pak" (modelo pequeño) y encapsulado (figura 25).

Figura 25 TIRISTORES DE 180 - 470 A

Por último, la gama más alta, es decir, la comprendida entre **850** y **1400 A** (con tensiones inversas de 100 a 1700 V), los tiristores pertenece al tipo "press-pak" ya mencionado, en dos variedades de encapsulado (figura 26).

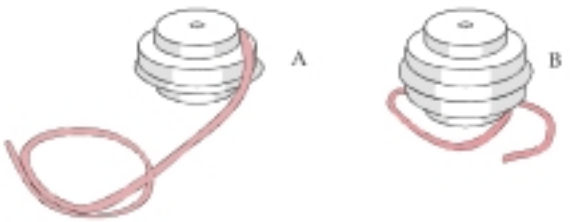


Figura 26 TIRISTOR DE 850 Y 1400 A

15. APLICACIONES DE LOS TIRISTORES.

Las aplicaciones de los tiristores son muchas y variadas: se utilizan en fuentes de alimentación, en juegos de luces, **controladores de potencia de una carga**, etc., **esta última aplicación se verá con más detenimiento.**

En resumen, el SCR se comporta como un diodo normal cuando llega un impulso positivo a su puerta, este conducirá si el cátodo y el ánodo están polarizados directamente; y si están polarizados inversamente no conducen, aunque le llegue el impulso positivo a la puerta.

Basándose en lo anterior se puede realiza con un SCR el control de la potencia de una carga (figura 27).

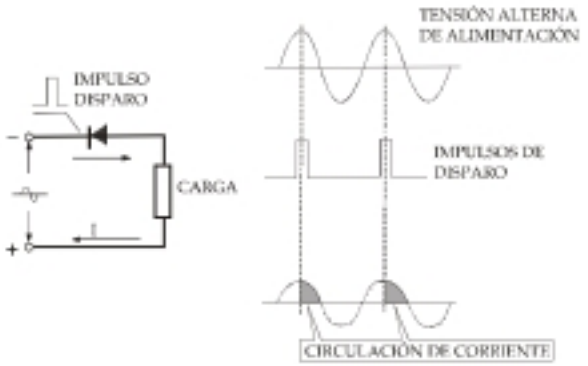


Figura 27 CONTROL DE POTENCIA DE UNA CARGA

Para cebar un tiristor hay que aplicar a su puerta el impulso adecuado, pero una vez cebado la puerta pierde el gobierno del elemento y desde ella no se puede descebar. El único procedimiento que existe para bloquear un tiristor que conduce es rebajarle la tensión entre cátodo y ánodo a un valor inferior a la de la tensión de mantenimiento, que suele ser 1 V. Esto exige que la tensión general disminuya hasta casi hacerse "**CERO**".

El tiristor sólo conduce intensidad electrónica de cátodo o ánodo, o sea, en un sentido. Por lo tanto, si se le aplica corriente alterna la rectifica, dejando pasar únicamente los semi-ciclos positivos y no completos, sino sólo desde que le llega el impulso de disparo a la puerta. En la figura 27 se presenta un circuito alimentado por corriente alterna, en la que el tiristor que controla el paso de corriente por la carga recibe los impulsos de disparo justo en la mitad de los semi-ciclos, habiéndose dibujado a la derecha las distintas ondas.

La potencia máxima que un tiristor puede entregar a la carga, que sería si condujese durante todo el semiciclo. Si el impulso se produce en el centro del semiciclo se mandará a la carga un 50% de máxima potencia. Si el impulso se aplicase a la puerta pasado un 25% del semiciclo el tiristor proporcionará a la carga una potencia del 75% de la máxima.

16. DIODO ALTERNATIVO DE CORRIENTE (DIAC).

El **DIAC** está constituido por la **unión de dos tiristores** (no SCR), en **antiparalelo**. También se dice que es equivalente a la unión de dos diodos Shockley en antiparalelo. Su representación en la figura 28.

Figura 28 REPRESENTACIÓN DEL DIAC

En diodo Shockley se comporta como un diodo ordinario con la siguiente particularidad, de que, al llegar a un cierto límite de tensión **40** o **60 V**, etc., dependiendo de cada diodo, se dispara un tiristor que empieza a conducir, a partir de esta tensión. Como el diodo Shockley sólo deja pasar la corriente en un sentido se construyó el **DIAC** que la deja pasar en los dos sentidos, esto quiere decir, que **conduce en los dos sentidos pero a partir de una tensión mínima de disparo.**

17. Constitución del DIAC.

En la figura 29 puede verse la estructura de un DIAC, su circuito equivalente.

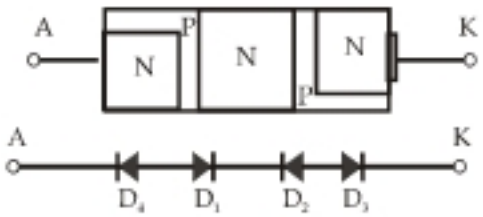


Figura 29 ESTRUCTURA DEL DIAC

18. FUNCIONAMIENTO DEL DIAC.

La figura 30 es el circuito es equivalente al de un DIAC, con su correspondiente polarización y su gráfica (curva característica).

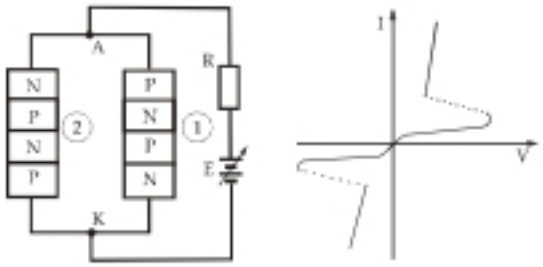


Figura 30 CIRCUITO EQUIVALENTE DEL DIAC

Solo viendo la figura anterior se puede saber el funcionamiento del DIAC. Cuando el ánodo es positivo, al variar **E** se llega a producir el disparo del tiristor (1), como se ve en la parte positiva de la curva característica. Sin embargo, si el ánodo se polariza inversamente respecto al cátodo, se produce el disparo de tiristor (2), para un valor adecuado de **E**, como se ha reflejado en la zona negativa de la curva característica, que es igual que la positiva pero invertida.

En consecuencia, se puede afirmar que el DIAC es **un tiristor que conduce en los dos sentidos, cuando se alcanza la tensión de disparo en cada uno de ellos**.

19. APLICACIONES DEL DIAC.

La aplicación característica del DIAC es la formación de impulsos aprovechando el tiempo de carga variable de un condensador C, alimentado a través de un potenciómetro P, como muestra en la figura 31.

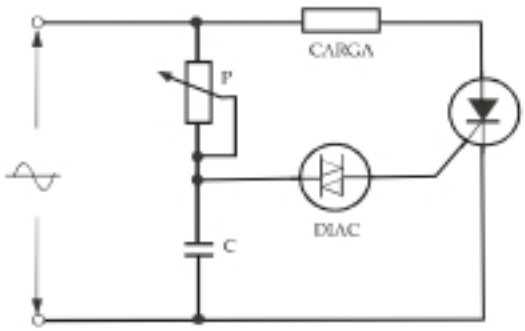


Figura 31 APLICACIÓN CARACTERÍSTICA DEL DIAC

Cuando alcanza **C** el valor de disparo en cada semiciclo se produce el paso de corriente a través del DIAC y del circuito puerta-cátodo del SCR, con lo que se ceba este último y la carga recibe el suministro de potencia. El tiempo que en cada semiciclo tarda en cargarse **C**, y consecuentemente cebarse el DIAC y el SCR, se regula con P, el cual controla la potencia que el SCR suministra a la carga.

20. TRÍODO ALTERNATIVO DE CORRIENTE (TRIAC).

Constitución del Triac.

Se trata de un semiconductor similar al DIAC, pero que consta de una puerta para controlar la tensión de disparo, tanto en sentido directo (positivo) como en sentido inverso (negativo). También se le denomina **tiristor bi-direccional**, pues se comporta **como dos SCR en antiparalelo**. En la figura 32 se ve la estructura semiconductora del TRIAC y su correspondiente símbolo.

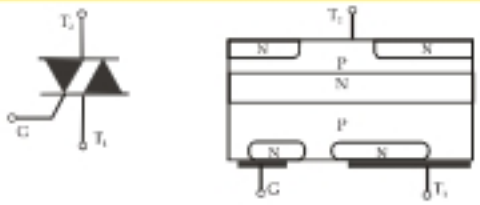


Figura 32 ESTRUCTURA DEL TRIAC

Funcionamiento del Triac.

Cuando le llega un impulso a la puerta **G**, conduce el tiristor$_1$ o el tiristor $_2$ según el signo de los potenciales T_1 y T_2, hasta que la tensión se hace inferior a **1 V** (tensión de funcionamiento). No volviendo a conducir hasta que llegue un nuevo impulso que vuelva a disparar (figura 33).

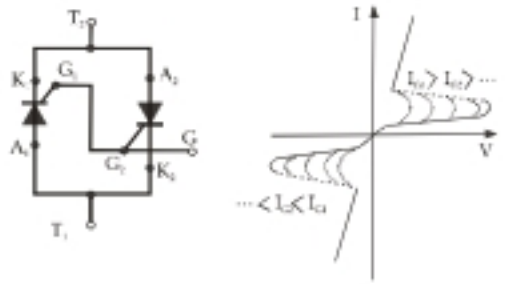


Figura 33 FUNCIONAMIENTO DEL TRIAC

Lo mismo sucede si se invierte los signos de los potenciales en T_1 y T_2, obteniéndose de esta forma la curva característica de la figura 33, que coincide con la del DIAC, sólo que es susceptible de control, en función de las intensidades del circuito puerta.

Al igual que en el SCR, **cuanto mayor es la corriente de disparo de la puerta, tanto menor es la tensión de disparo** V_D.

Aplicaciones del Triac.

Las aplicaciones del TRIAC son similares a las de los SCR, **la diferencia está en que el SCR conduce en un solo sentido y el TRIAC conduce en los dos**.

Con un TRIAC se consigue **el mismo resultado que con el SCR**, en una aplicación: *el control de potencia*.

El control de potencia lo realiza el TRIAC con la corriente alterna, ya que este conduce en ambos sentidos.

Como conduce en ambos sentidos en él, **no se puede hablar ni de ánodo ni de cátodo**, puesto que estos se combinan posiciones entre sí al invertirse la polarización.

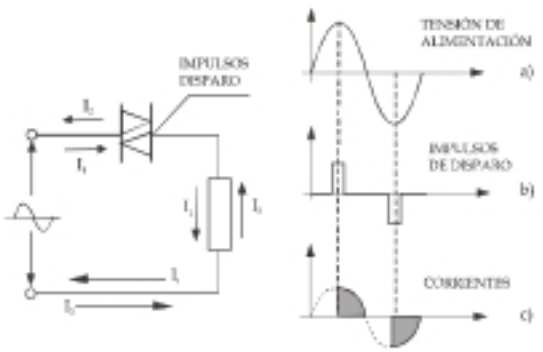


Figura 34 APLICACIÓN DEL TRIAC COMO CONTROLADOR DE POTENCIA

En la figura 34 se aplica un TRIAC como controlador de potencia de corriente alterna en una carga.

La llegada de los impulsos a la puerta de TRIAC en el centro de cada semiciclo, produce el paso de dos corrientes I_1 e I_2, lo que supone un suministro del 50% de la potencia máxima.

Variando la llegada de los impulsos de disparo, se modificará proporcionalmente la potencia.

Aplicaciones del triac como contactor estático

Las figuras 35, 36 y 37 son unas de las aplicaciones del triac, denominadas contactores estáticos.

Figura 35 CONTACTOR ESTÁTICO MONOFÁSICO CONTROLADO POR TRIAC

Figura 36 CONTACTOR ESTÁTICO TRIFÁSICO CONTROLADO POR TRIAC

Figura 37 CONTACTOR ESTÁTICO MONTADO EN UN CUADRO DE CONTROL

21. TRANSISTORES.

El transistor es un elemento de suma importancia dentro de la electrónica moderna. Su utilidad es muy variada pues se encuentra en circuitos de: amplificador, comparador, conmutador, etc.

Todas estas aplicaciones se dan en el transistor más utilizado, el bipolar.

22. EL TRANSISTOR BIPOLAR.

El transistor bipolar como se ha dicho en la introducción es el más utilizado de todos los transistores. Fue el primero que **se concibió en 1948** de forma ocasional cuando se efectuaban medidas de resistencia eléctrica de barrera de materiales semiconductores. Modernamente es un elemento que se utiliza en todas las ramas de electrónica: Digital, Industrial, Analógica, etc.

Constitución y funcionamiento del transistor bipolar.

El transistor es un componente electrónico, que está constituido por 3 cristales semiconductores, dos de un tipo separado por otro de tipo contrario, por lo que los transistores pueden ser de dos tipos: **PNP** (figura 38) o **NPN** (figura 39).

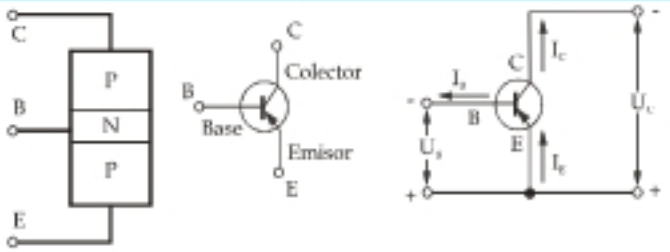


Figura 38 CONSTITUCIÓN DEL TRANSISTOR BIPOLAR PNP

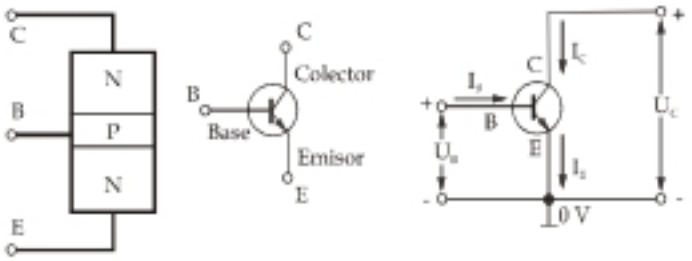


Figura 39 CONSTITUCIÓN DEL TRANSISTOR BIPOLAR NPN

Lógicamente al tener 3 cristales, tendrá sus correspondientes electrodos o "patillas", una por cada cristal. Estas patillas son:

Colector: Terminal de salida.

Emisor: Terminal de entrada.

Base: Elemento regulador del paso de electrones.

Para el correcto funcionamiento de un transistor es necesario aplicar los correspondientes potenciales adecuadamente a cada cristal, como se ve en las figuras 40 y 41.

El colector (terminal de salida) está polarizado inversamente, entonces se produce lo que se conoce con el nombre de efecto transistor, consiste en que los electrones o huecos rompan la ancha barrera de potencial de la unión base-colector y vayan hacia un cristal que está polarizado inversamente.

23. EL TRANSISTOR BIPOLAR EN CONMUTACIÓN.

Aunque el transistor bipolar se utiliza como elemento amplificador (amplificadores), y estabilizador (fuentes de alimentación), etc.

También se utiliza **como elemento conmutador**, que es una de las aplicaciones más utilizadas en la electrónica industrial.

Un transistor bipolar, **dependiendo de la tensión que se le aplica a la unión base-emisor**, tendrá a la salida una tensión amplificada mayor o menor

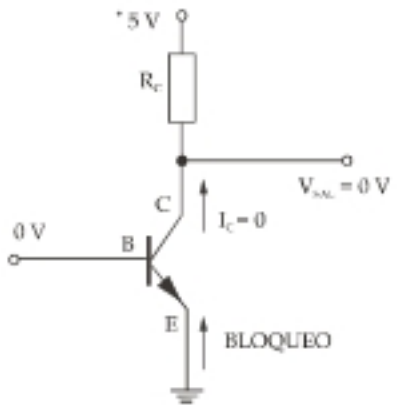


Figura 40 TRANSISTOR EN BLOQUEO

Cuando al transistor se le aplica en la base una tensión que no rompa la pequeña barrera de potencia de la unión base-emisor, no se obtiene corriente en la salida, y, se dice, que el transistor está en bloqueo (figura 40).

Si al transistor se le aplica en la base una tensión **mayor de 0,7 V**, el transistor conduce al máximo, es decir, entra en saturación.

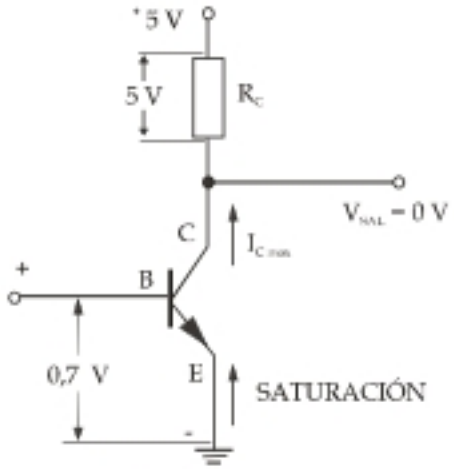


Figura 41 TRANSISTOR EN SATURACIÓN

Dependiendo de la tensión que se aplique a la base éste estará en bloqueo (**no conduce**) o en saturación (**sí conduce**). Se puede decir que el transistor, actúa como conmutador, que no es otra cosa más que un funcionamiento similar al de un diodo (**interruptor**).

Esta aplicación del transistor es muy utilizada en la electrónica industrial, **el transistor funciona como un interruptor**: conduce o no conduce.

Ejemplo de cálculo:

Dadas las características de transistor **SC 107**, hallar los valores de las resistencias Rc y Rb que forman el circuito de conmutación, teniendo en cuenta que circula una Ic_{sat} = 60 mA.

Los niveles lógicos aplicados a la base para el bloqueo y la saturación, son de **0** y **5 V**, respectivamente, y la polarización del circuito es de **10 V**, (Figura 42).

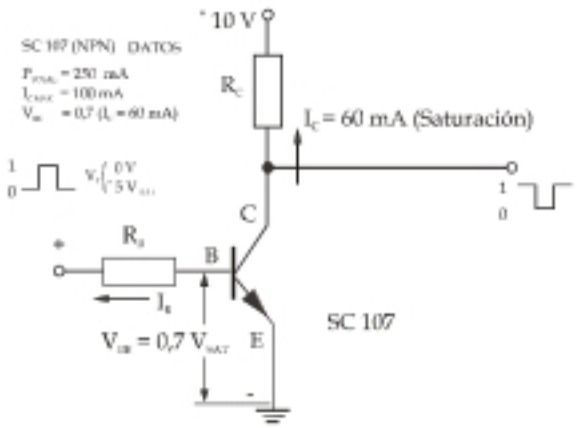


Figura 42 EJEMPLO DE CÁLCULO

1º Calcular Rc.

En la figura 43 se ha dibujado la curva de máxima potencia para conocer la zona permitida de trabajo del transistor. También se ha trazado la recta de carga, puesto que quedan determinados dos puntos:

Ic = 0, Vce = 10 V y el Ic = 60 mA, Vce = 0 V

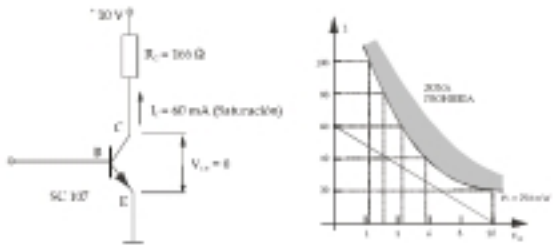


Figura 43 CURVA DE POTENCIA DEL SC 107

Se ha calculado la Rc sobre la misma figura 43, aplicando la ley de Ohm en el punto de saturación, habiendo obtenido un valor teórico para ella de **166 Ω**.

En la práctica, se tomará como resistencia de carga el valor de **150 Ω** que está normalizado.

2° Cálculo de I_B saturación.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

En la práctica, para mayor seguridad:

$$I_B = 2\frac{I_C}{\beta} = 2\frac{60}{200} = 0{,}6mA$$

3° Cálculo de R_B para permitir la saturación con 5 V de entrada (según figura 44).

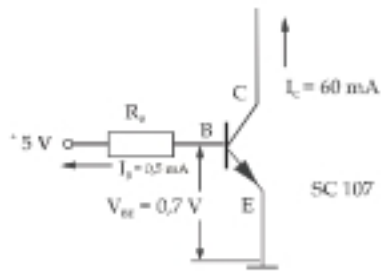


Figura 44 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE BASE

$$R_B = \frac{5-0{,}7}{0{,}0006} = 7166{,}66\Omega$$

Finalmente, en la figura 45, se ve el circuito completo, una vez diseñado.

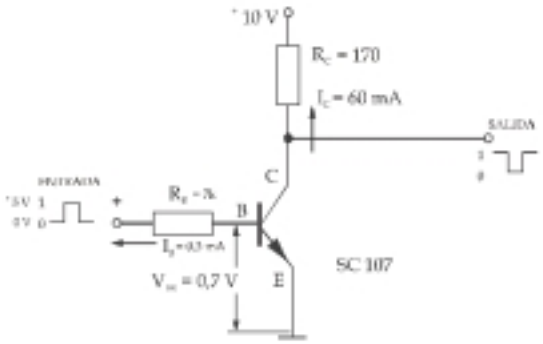


Figura 45 RESULTADO DEL CÁLCULO

24. TEMPORIZADOR 555.

Este circuito integrado lineal (C.I), fue lanzado por Signetics. Su empleo inicial fue el de producir retardos de tiempo de precisión, sin embargo, muy pronto tuvo una gran variedad de aplicaciones, tales como: generación de impulsos, temporizador secuencial, VCO, detección de impulsos, modulación de anchura de impulsos, etc.

La razón fundamental de ser tan utilizado, tal vez se deba a sus excepcionales prestaciones. Entre las que destacan su notable estabilidad térmica (50 p.p.m./^{0}C), admite un amplio rango de tensión de alimentación, de **4,5** a **16 V** para el **NE 555**, y de **4,5** a **18 V** para el **SE 555.**

Al mismo tiempo, puede proporcionar corrientes de salida de hasta **200 mA**, lo que indudablemente permite gobernar gran cantidad de cargas directamente.

Actualmente, el 555 es fabricado por multitud de firmas, presentándose en tres tipos de encapsulados: **DIL-14**, **DIL-8** y **metálico**. Incluso existe una versión de bajo consumo, el 7555, realizado en tecnología CMOS. Y también un modelo doble del 555, denominado 556, constituido internamente por dos 555 de características eléctricas idénticas.

Constitución interna del 555

El esquema simplificado está representado en la figura 46. Como se ve, dispone de dos A.O. trabajando como comparadores de tensión, un biestable RS que emplea la salida complementaria 1, dos transistores en conmutación T_1 y T_2, un buffer inversor para proporcionar la alta corriente de salida, y finalmente una red divisora de tres resistencias de valor R.

Puesto que estas resistencias son iguales, las tensiones de referencia aplicadas a los terminales de entrada de los comparadores de tensión son:

Para el A.O.1: $V_{(-)} = 2/3\ V^{+}$.

Para el A.O.2: $V_{(+)} = 1/3\ V^{+}$.

Considerando que el circuito está alimentado con polaridad simple, los dos posibles estados de salida de los comparadores son:

Nivel "1" = V^{+}.

Nivel "0" = 0 V.

Si la tensión en el terminal (+) del A.O.1, UMBRAL, supera los 2/3 V^{+},

Su salida pasa a "1", este nivel es la entrada R del biestable, por lo que 1 = "1",

De esta manera el transistor T_1 se satura y la salida pasa a "0".

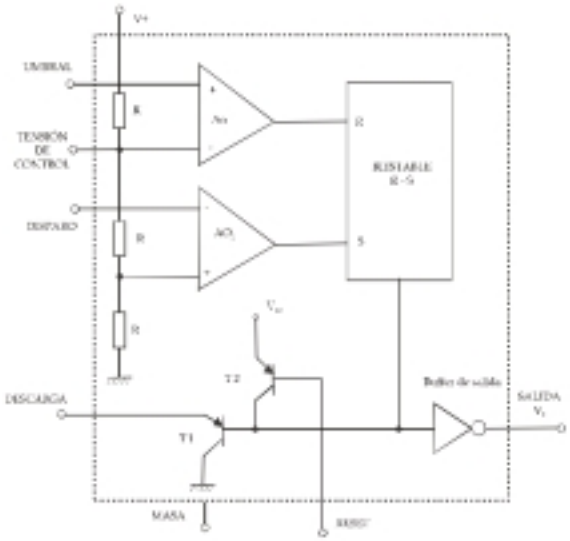


Figura 46 TEMPORIZADOR 555

Por el contrario, si la tensión en la entrada (-) del A.O.2, DISPARO, cae por debajo de 1/3 V*,

S = "1", lo que implica 1 = "0",

El transistor T_1 se bloquea y la salida pasa a "1".

En cualquier momento se puede "poner a cero" la salida del temporizador, aplicando un "0" en RESET saturando el transistor T_2, lo que lleva a saturación a T_1 y a V_0 = "0".

La distribución de patillas correspondiente a los tres encapsulados del 555, así como al 556, se representa en la figura 47.

De los tres tipos de encapsulados en que se presenta el 555, **el más empleado es el DIL-8,** por ello, los esquemas básicos que pueden verse a continuación, responden a esta configuración práctica.

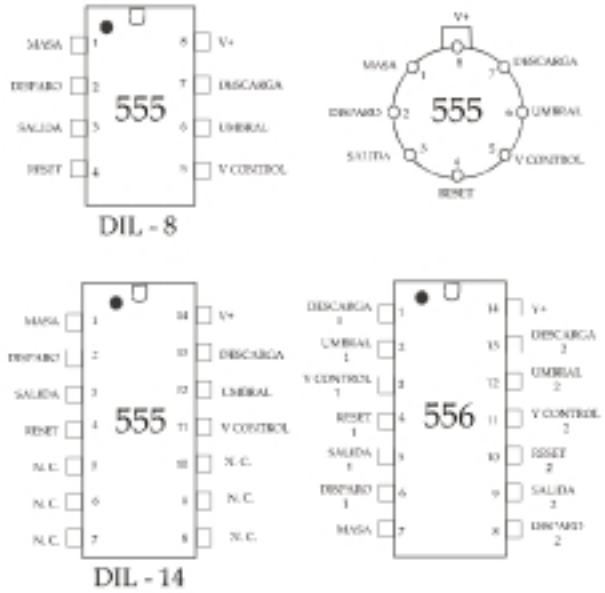


Figura 47 PATILLAJE DEL TEMPORIZADOR 555 Y 556.

Características eléctricas:

Tensión de alimentación

SE 555 4,5 a 18 V

NE 555 4,5 a 16 V

Corriente de reposo

Para $V^+ = 5$ V 3 mA

Para $V^+ = 15$ V 10 mA

Estabilidad térmica

SE 555 30 p.p.m./ºC

NE 555 50 p.p.m./ºC

Precisión

SE 555 0.5%

NE 555 1%

Corriente máxima de salida 200 mA

Temperatura de trabajo

SE 555 -55 ºC a 125 ºC

NE 555 0 ºC a 70 ºC

25. EMPLEO DEL 555 COMO MULTIVIBRADOR MONOESTABLE

Inicialmente, la salida del biestable RS (1) se encuentra en nivel alto 1 = 1, esto significa que

V_0 = "0" (LED apagado),

Al mismo tiempo el transistor T_1 de descarga está saturado y, dado que se desconecta en paralelo con el condensador externo C_1, éste no puede cargarse.

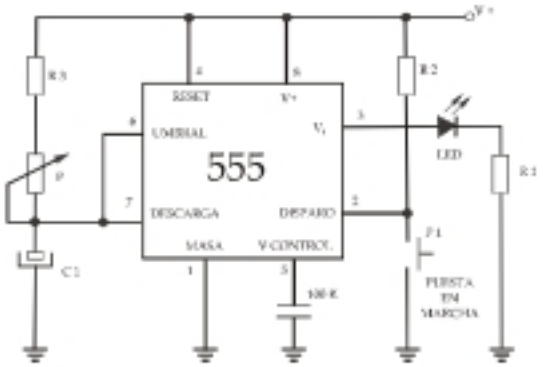


Figura 48 MULTIVIBRADOR MONOESTABLE

Esta situación se mantiene de forma indefinida, hasta que:

Pulsado P_1, puesta en marcha, en ese momento

S = 1, lo que hace que 1 = 0 y V_0 = "1", de esta manera el LED se enciende.

Simultáneamente el transistor T_1 se bloquea, permitiendo la carga exponencial del condensador C_1 a través de R_3 y P.

Cuando la tensión de carga de condensador es 2/3 V+, R = 1, patilla 6, volviendo el biestable RS a su situación inicial: V_0 = "0", 1 = 1.

Mientras que el transistor T_1 se satura, descargando casi instantáneamente al condensador C_1.

Según lo dicho, está claro que el tiempo durante el cual permanece encendido el LED, t_1, llamado también tiempo en estado alto de la salida, es directamente proporcional al producto (R_3 + P) por C, más concretamente:

$$t_1 = 1{,}1\ (R_3\ .\ P)\ .\ C$$

Es conveniente que el valor mínimo de (R_3 + P) no sea inferior a 100 Ω, para evitar que la corriente instantánea que atraviesa al T_1 supere los 200 mA.

Para el condensador C_1 no existen en principio límites, sin embargo, es aconsejable intercalar en serie con el terminal "descarga" una resistencia de 82 Ω, cuando se empleen condensadores C_1 de más de 100 μF, con el fin de limitar la corriente de descarga en transistor T_1.

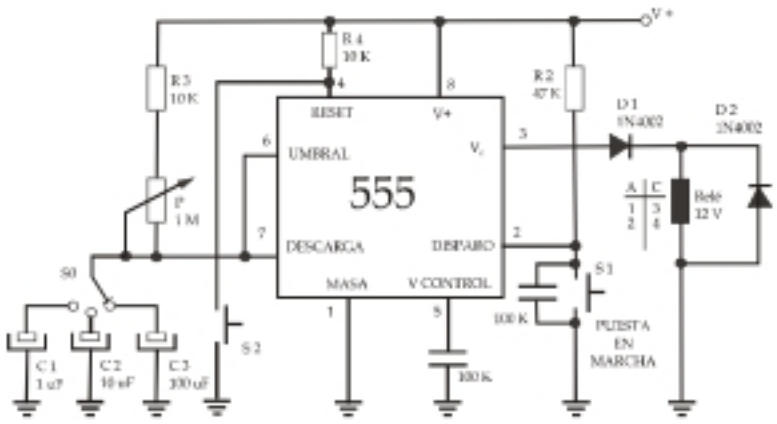


Figura 49 MULTI VIBRADOR MONOESTABLE DE TRIPLE ESCALA

El esquema de la figura 49 corresponde a un temporizador práctico de triple escala.

Si, por ejemplo, los márgenes de regulación deseados son:

Desde 11 mseg. a 1,1 seg.

Desde 110 mseg. a 11 seg.

Desde 1,1 seg. a 110 seg.

Colocando el conmutador selector de rango (So) en la posición 1, el tiempo mínimo será:

$T_{1min} = 1{,}1\ R_3C_1$

$11 \cdot 10^{-3} = 1{,}1\ R_3C_1$

Si, $C_1 = 1\ \mu F$ entonces:

El tiempo máximo de esa misma escala es:

$$t_{1max} = 1{,}1\ (R_3 + P)C_1$$

$$1{,}1 \text{ seg.} = 1{,}1\ (10.10^{-3} + P)\ 1.10^{-6}$$

de donde:

$$P = 990\ K \simeq 1\ M\Omega$$

Con el S_0 en la posición 2, se incrementan los valores extremos de temporización en 10 veces, por lo tanto:

$$C_2 = 10\ C_1 = 10\ \mu F$$

Lo propio ocurre con el selector de escala en la posición 3, es decir:

$$C_3 = 10\ C_2 = 100\ \mu F$$

La salida del 555 gobierna un relé de 12 V, con un consumo de la bobina siempre inferior a 200 mA.

Dado que la carga en este caso es fuertemente inductiva, y con objeto de no dañar la salida del C.I., por efecto de las corrientes de activación y desactivación de la bobina del relé, colocando dos diodos de protección D_1 y D_2 del tipo 1 N 4002.

Al igual que el circuito básico, la temporización comienza al pulsar S_1, en paralelo con el cual se coloca un condensador de 100 K, para eliminar rebotes.

El pulsador S_2, por el contrario, interrumpe la temporización en cualquier momento, ya que al accionarlo saturamos el transistor interno T_2, lo que hace conducir al transistor de descarga T_1, y pone la salida a nivel "0".

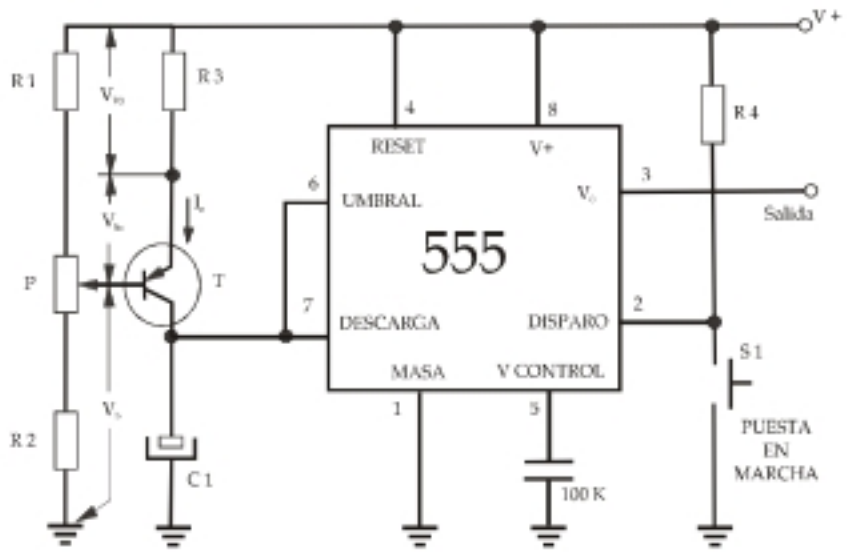


Figura 50 MULTI VIBRADOR MONOESTABLE DE TEMPORIZACIÓN PROLONGADA

Si se desea realizar temporizaciones verdaderamente largas, el circuito básico analizado hasta ahora no es el más indicado; hay que sustituir el sistema de carga exponencial del condensador C_1, por la carga del mismo a corriente constante, figura 47.

La caída de tensión en la resistencia R_3 viene dada por:

$$V_{R3} = V^+ - (V_b + V_{be})$$

y la corriente de emisor del transistor T será:

$$I_e = \frac{V_{R3}}{R_3}$$

Si los dos parámetros del cociente son constantes, I_e también lo será.

Como en un transistor de pequeña señal, las corrientes de emisor y de colector son aproximadamente iguales, la corriente de carga del condensador $I_c \approx I_e$, será invariable para una posición determinada del cursor del potenciómetro P.

La corriente de carga del condensador I_c es:

$$I_C = \frac{Q}{t}$$

también se sabe que:

$$C_1 = \frac{Q}{V_C}$$

Entonces:

$$I_C t = C_1 V_C$$

de donde:

$$t = \frac{C_1 V_C}{I_C}$$

Siendo "t" el tiempo en estado alto de la salida. El condensador C_1 se cargará hasta un valor máximo V_c = 2/3 V^+, momento en que la salida cambia de estado, por lo que la fórmula final será:

$$t = \frac{C_1 \frac{2}{3} V^+}{I_C}$$

26. EMPLEO DEL 555 COMO MULTIVIBRADOR ASTABLE

Siendo el esquema el de la figura 51, al poner en marcha el circuito, el condensador C se encuentra descargado, y aplica una tensión inicial cero al terminal UMBRAL, patilla 6, y al terminal DISPARO, patilla 2.

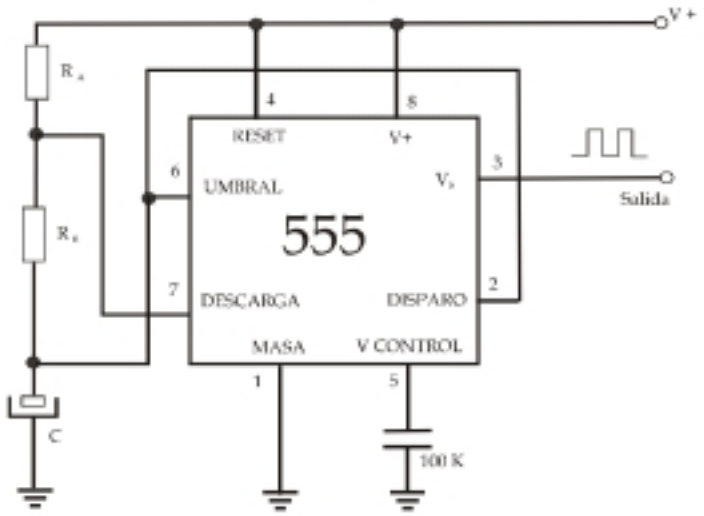


Figura 51 MULTIVIBRADOR ASTABLE DE ONDA CUADRADA SIMÉTRICA

En estas condiciones R = "0" y S = "1", por lo que la salida del biestable RS es 1 = "0", lo que lleva a la salida en nivel alto, V_0 = "1".

Esta situación se mantiene mientras dura la carga del condensador C, a través de las resistencias R_A y R_B,

Cuando la tensión en C alcanza el valor 2/3 V*, la salida pasa a 1 = "1", haciendo cambiar la salida a estado bajo, V_0 = 0 V, e iniciando la descarga de C a través de R_B, y del transistor de descarga T_1, patilla 7.

Cuando la tensión en C ha decrecido hasta el valor 1/3 V*, vuelve a repetirse el ciclo de carga del condensador C.

Llamando T_1 al tiempo en el que la salida permanece en estado alto, o lo que es lo mismo, al tiempo de carga del condensador C, resultará que:

$$T_1 = 0{,}693\ (R_A + R_B)\ C$$

Y si T_2 es el tiempo en estado bajo de la salida, o también el tiempo de descarga del condensador C, entonces:

$$T_2 = 0.693\ R_B C$$

El periodo total T vendrá dado por:

$$T = T_1 + T_2 = 0{,}693\ (R_A + 2R_B)\ C$$

Y la frecuencia de oscilación es entonces:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1{,}44}{(R_A + 2R_B)C}$$

Como caso particular, si se hace que $R_B > R_A$, la fórmula aproximada es:

$$f \cong \frac{0{,}72}{R_B C}$$

Esta situación corresponde precisamente a un generador de onda cuadrada simétrica, es decir

$$T_1 = T_2$$

Si por el contrario se quiere un generador de impulsos $T_1 < T_2$, habrá que recurrir al circuito de la figura 52.

Mediante el diodo D_1 se consigue que la carga de C únicamente dependa de R_A, y la descarga sólo de R_B. Dado que en un generador de impulsos, normalmente, el tiempo de duración del mismo, T_1, es menor que el tiempo de secuencia entre dos impulsos consecutivos, T_2, deberá cumplirse siempre que:

$$T_1 < T_2 \Rightarrow R_A < R_B$$

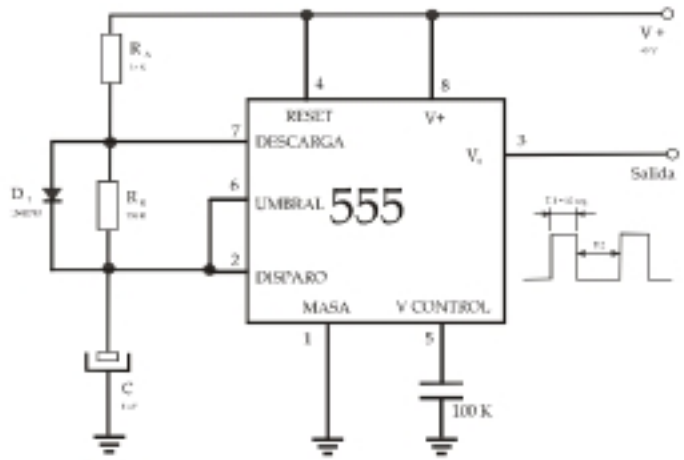


Figura 52 MULTI VIBRADOR ASTABLE DE ONDA CUADRADA ASIMÉTRICA

Calcular por ejemplo un generador de impulsos, a partir de la figura 52, con un T_1 = 10 mseg y T_2 = 0,1 seg., Siendo la amplitud de los impulsos de salida de 5 V.

Si T_1 = 10 mseg., entonces:

$T_1 = 10.10^{-3} = 0{,}693\ R_A\ C$

Fijando C = 1 µF

$$R_A = \frac{10.10^{-3}.10^{6}}{0{,}693} \cong 15K$$

Mientras que:

$$R_B = \frac{T_2}{0{,}693C} = \frac{0{,}1.10^{6}}{0{,}693} \cong 150K$$

27. EL SISTEMA BINARIO

Se admite en general que el hombre ha utilizado la numeración decimal porque dispone de diez dedos y le es más fácil hacer corresponder a cada dedo de la mano con un objeto. Si tuviésemos seis dedos en cada mano, o cuatro, el sistema vigente tal vez sería diferente.

De todos los sistemas de numeración posible, el más sencillo es el binario donde solo hace falta dos signos para expresar cualquier cantidad. Es decir, el 0 y el 1, no existen más guarismos para representar una cantidad

Cantidad	Se escribe
cero	0
uno	1
dos	10
tres	11
cuatro	1 00
cinco	1 01
seis	1 10
siete	1 11
ocho	10 00
nueve	10 01
diez	10 10
dieciséis	1 00 00
treinta y dos	10 00 00
sesenta y cuatro	1 00 00 00

La numeración binaria es la única posible, que se puede aplicar a un circuito eléctrico, en que solo puede darse dos opciones, que funcione o se pare, debido a que el interruptor esté cerrado o abierto. También es aplicable aplicar un sistema de control a unos procesos industriales, por ejemplo: Que una pieza esté perforada o no; que contenga o no contenga algo. Generalmente se emplea **1 para verdadero**, y **0, para falso**, pero no hay inconveniente en hacerlo al revés, 0 para verdadero o 1 para falso. En el caso, de que "**si = 1**" y "**no = 0**", lo contrario de 1 significa la negación de 0. Si **no es 0 entonces si es 1**.

Construcción de un número en sistema decimal

Número cuatro mil, trescientos dos. = 4.302 que se descompone en:

(4 x 1.000) + (3 x 100) + (0 x 10) + (2 x 1)

Cada una de estas cifras está afectada de un nombre según el peso que ocupa, (mil), (cien), (diez), y (unidad) es decir:

4.302 = 4 (1.000) + 3 (100) + 0 (10) + 2 (1)

Para obtener los pesos sucesivos se multiplica por la base del sistema (en este caso 10), el peso precedente.

Peso	1000	100	10	1
Nº	4	3	0	1

Los números binarios se construyen de la misma forma. Multiplicando 1 la primera cifra, por dos (base) la segunda por cuatro la tercera (2 x 2) por ocho la tercera (4 x 2)

El número binario 1 01 10 01 en número decimal es:

Peso	64	32	16	8	4	2	1
Nº	1	0	1	1	0	0	1

64 x 1 = 64 +

32 x 0 = 0 +

16 x 1 = 16 +

8 x 1 = 8 +

4 x 0 = 0 +

2 x 0 = 0 +

1 X 1 = 1 = 89

$89_{(10)} = 1\ 01\ 10\ 01_{(2)}$

Además del sistema binario, en informática, se utiliza el sistema OCTAL (de base 8) y el Hexadecimal (de base 16)

28. NOCIÓN DE FUNCIÓN

En todo sistema digital existe una, o varias, relaciones entre la entrada y la salida del sistema.

Al pulsar el número de entrada 4, en un ascensor, se traslada la cabina al piso 4. Cada entrada del ascensor se corresponde con una salida. **A la relación que existe entre la entrada, y la salida, se le denomina Función**.

Cada **función se realiza por un sistema de circuitos lógicos**, poniéndose en funcionamiento todos los elementos necesarios para que se efectúe la maniobra sin tener que dar una segunda orden; a no ser que, por seguridad, el sistema se programe con una segunda **función** de confirmación.

29. FUNCIÓN LÓGICA

Una función **F** se dirá que **es lógica**, **o digital**, cuando **solo puede tomar dos valores**, o estados, que serán: **0 y 1**.

0 significa:

circuito abierto

lámpara apagada

contacto sin pulsar

motor parado

afirmación falsa

Muchas veces, se indica que determinado está en estado **0** poniendo una barrita encima de la letra que designa al elemento. Ejemplo: $\overline{S}$

1 significa:

circuito cerrado

lámpara encendida

contacto pulsado

motor en marcha

afirmación verdadera

También, en este caso, puede identificarse el estado lógico **1** de un elemento escribiendo una letra que lo identifique sin la barrita encima. Ejemplo $\overline{\mathbf{M}}$

30. FUNCIÓN IGUALDAD

Sea un circuito como el de la figura 53, constituido por un interruptor **S** y una lámpara **L**.

La variable de entrada S puede tomar dos estados:

Abierto, con lo que la función de igualad sería: **S = 0**, y también se escribe $\overline{\mathbf{S}}$

Cerrado, expresándose con la igualdad **S = 1**, o bien **S**

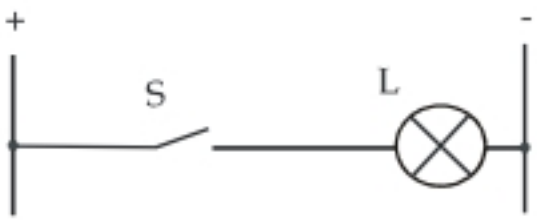


Figura 53 CIRCUITO DE IGUALDAD

La salida para L también toma dos estados:

L apagada que es igual a: **L = 0** y también $\overline{\mathbf{L}}$

L encendida, que se expresa: **L = 1** o simplemente **L**

Para hallar la relación entrada-salida, se construye un cuadro, al que se le da el nombre de ***tabla de la verdad*** en el que figuran los diferentes estados de la entrada y la salida

S	L
0	0
1	1

En esta tabla se hace evidente, que el estado de la salida, es igual al estado de entrada. En el ejemplo de la figura 53, la unión directa del interruptor con la lámpara, hace posible que se entienda rápidamente la función que se realiza en el circuito.

Este circuito se puede hacer más complejo empleando un relé **R** con un contacto **C**, obteniéndose el esquema de la figura 54.

El funcionamiento es simple: la acción sobre **S**, excita la bobina del relé **R**, su contacto **C** se cierra, y la lámpara **L** se enciende.

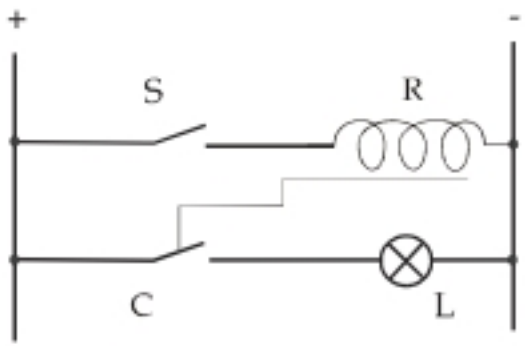


Figura 54 CIRCUITO CON RELÉ

En este caso, se puede afirmar que: El estado de la lámpara **L** es función del estado del interruptor **S**. Escribiéndose la formula

L = *f* (S) (que se lee **L** es función de **S**)

Se puede construir la tabla de la verdad para cada uno de los elementos del circuito

S	R	C	L
0	0	0	0
1	1	1	1

Se comprueba que **S** y **L** tienen los mismos valores que cuando solo se utilizaba el interruptor. De donde se deduce que un mismo resultado, se puede hallar de distintas maneras. Prescindiendo del "como se realiza" las funciones lógicas se concentran en definir en "que es, lo que tiene que hacer"

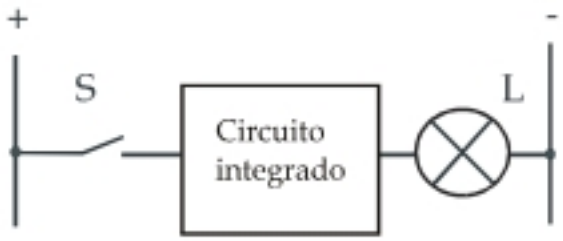


Figura 55 FUNCIÓN LÓGICA

En la figura 55, el circuito integrado realiza la función de encender la lámpara cuando se acciona el interruptor.

Se puede pensar que la figura 53 y 54 realizan esta función perfectamente; pero, de ninguna forma se podría conseguir con esos circuitos citados las siguientes funciones:

Que sea posible cambiar el interruptor **S** por un pulsador

Que la lámpara se encienda, solamente, después de pulsar cuatro, o más veces, el pulsador

Que la lámpara se apague transcurrido un tiempo

Que la lámpara se encienda a los **n** segundos de haber accionado el pulsador.

Los integrados, encargados de realizar la función, además, permiten añadir otras funciones que se consideren necesarias y obedecer a más de una función de entrada.

31. FUNCIONES LÓGICAS BÁSICAS

Función OR (en español o)

En un circuito como el de la figura 56, responde a la posición de los interruptores S_1 y S_2, y hace que la lámpara **L**, se encienda, o se apague, cuando se cumplen las condiciones siguientes:

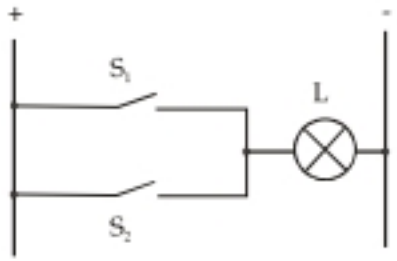


Figura 56 CIRCUITO CON DOS INTERRUPTORES EN PARALELO

- El momento que se corresponde con el de las posiciones de la figura 56, en que los interruptores S1 y S2 están abiertos, la lámpara no lucirá.
- En el caso de que esté S_1 cerrado y S_2 abierto, la lámpara L, estará encendida.
- Si se cierra S_2, estando S_1 cerrado, la lámpara no experimenta variación, y continúa encendida.
- Abriendo S_1, y permaneciendo S_2 cerrado, la lámpara L, seguirá encendida.
- Cuando se abre S_2 estando abierto S_1, se vuelve a la postura inicial y la lámpara L, se apaga. (El párrafo **e** el mismo que el **a**).

La tabla de la verdad para el circuito 56 es:

	S_1	S_2	L
a	0	0	0
b	1	0	1
c	1	1	1
d	0	1	1
e	La misma posición de **a**		

Se puede comprobar, mediante una suma binaria, que si el valor de la posición del S_1 se suma con el valor de posición S_2, el resultado de la suma dará el que corresponde al estado de la lámpara L

$S_1 + S_2 = 0 + 0 = 0$ (apagada)

1 + 0 = 1 (en funcionamiento)

1 + 1 = 1 (en funcionamiento)

0 + 1 = 1 (en funcionamiento)

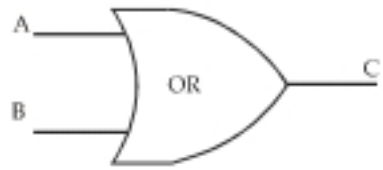


Figura 57 REPRESENTACIÓN DE LA FUNCIÓN OR

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tabla de la verdad de la función OR

La función **OR es una suma** binaria de las entradas

Función AND (en español Y)

En el supuesto de que la posición de los interruptores sea en serie, como puede verse en la figura 58

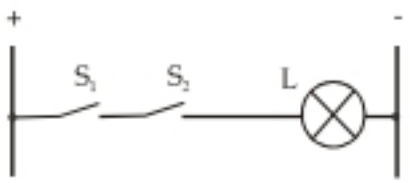


Figura 58 CIRCUITO CON DOS INTERRUPTORES EN SERIE

Directamente se construye la tabla de que, se desea, que haga el circuito

S_1	S_2	L
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Sumando S_1 con S_2 el resultado es el mismo que para los interruptores en paralelo, que no se corresponde con el resultado esperado.

$S_1 + S_2 = 0 + 0 = 0$ (apagada)

$0 + 1 = 1$ (error, debe ser 0)

$1 + 0 = 1$ (error, debe ser 0)

$1 + 1 = 1$ (en funcionamiento)

Parece lógico, que si los interruptores están colocados de forma diferente, el resultado de la tabla de la verdad no puede hallarse de la misma forma (suma), ahora hay que hallar es, el producto binario de S_1 por S_2

$S_1 . S_2 = 0 \times 0 = 0$ (apagada)

$0 \times 1 = 0$ (apagada)

$1 \times 0 = 0$ (apagada)

$1 \times 1 = 1$ (en funcionamiento)

Ahora si se cumple. A esta función se le denomina **función AND** (en español, **y**)

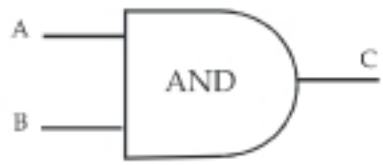


Figura 59 REPRESENTACIÓN DE LA FUNCIÓN AND

A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabla de la verdad de la función AND

La **función AND es una multiplicación** binaria

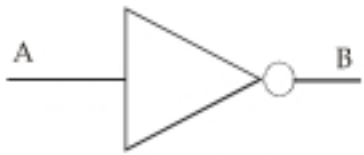
Función inversión (negación)

Indica lo contrario de:

Lo contrario de 1 es 0

Lo contrario de 0 es 1

Para representar una negación se utiliza el símbolo de la figura 60, en que la salida solo se da cuando no se cumple la condición, se representa por un circulo en la salida unido al símbolo



INVERSIÓN

Figura 60 SÍMBOLO DE PUERTA NEGADA

La negación está representada por el círculo colocado delante del triángulo, si el círculo estuviese colocado a la entrada, en vez de salida negada, significaría entrada negada. Lo normal, es que el círculo se encuentre siempre a la salida.

A	B
0	1
1	0

Tabla de la verdad para una función negada

La función negada, también se denomina **inversor**

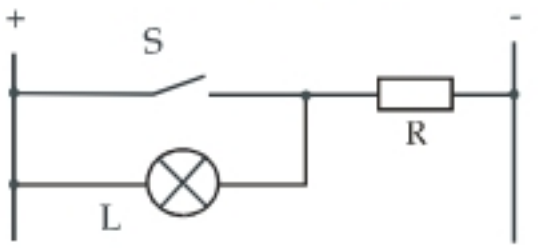


Figura 61 REPRESENTACIÓN DE INTERRUPTORES DE UN CIRCUITO DE NEGACIÓN

Función NAND (en español no = negada)

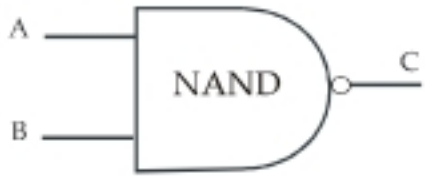


Figura 62 NEGACIÓN DE LA FUNCIÓN AND

A	B	C
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabla de la verdad para la función NAND

La función **NAND es una multiplicación** binaria, y cambiando el resultado, por la salida **contraria**

En el esquema equivalente, de circuito con interruptores, la figura 63 representa lo que realiza esta función.

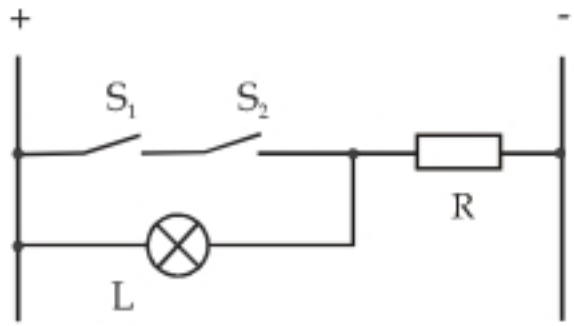


Figura 63 REPRESENTACIÓN CON INTERRUPTORES DE LA FUNCIÓN NEGADA AND, LLAMADA NAND

Función NOR (en español no)

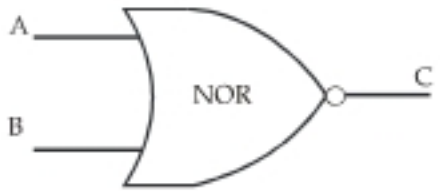


Figura 64 REPRESENTACIÓN DE LA FUNCIÓN NOR

A	B	C
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Tabla de la verdad para la función NOR

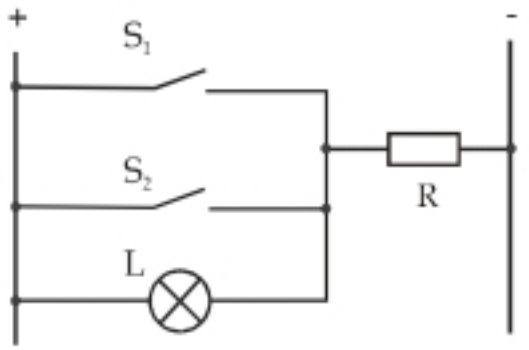


Figura 65 REPRESENTACIÓN CON INTERRUPTORES DE LA FUNCIÓN NEGADA OR, LLAMADA NOR

La función **NOR, se obtiene con la suma** binaria, y después, cambiado el resultado por la salida **contraria**

Función Exclusive OR (En español o exclusivo)

Figura 66 REPRESENTACIÓN DE OR EXCLUSIVO

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

La representación equivalente de este circuito es la figura 67 donde los interruptores se han cambiado por dos conmutadores.

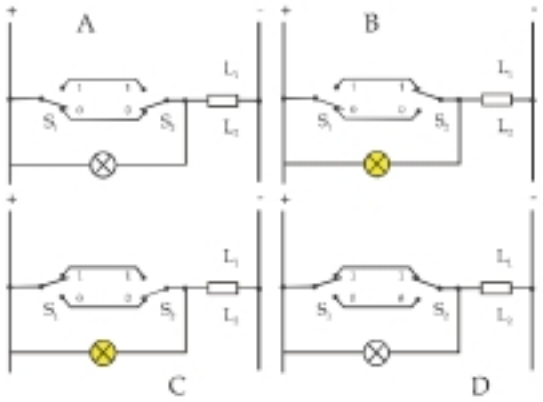


Figura 67 ESQUEMA DE INTERRUPTORES DE LA FUNCIÓN EXCLUSIVE OR

Todas las funciones lógica, anteriormente reseñadas, pueden tener más de dos entradas

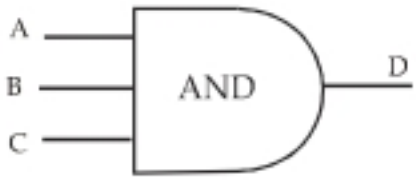


Figura 68 FUNCIÓN LÓGICA CON TRES ENTRADAS

Los circuitos lógicos, normalmente, no se utilizan independientes se agrupan entre sí, por ejemplo, un **circuito AND asociado con otro OR**. En la figura 69 se representa un circuito integrado con **cuatro funciones NAND**, que recibe el nombre de **circuito integrado 7408**

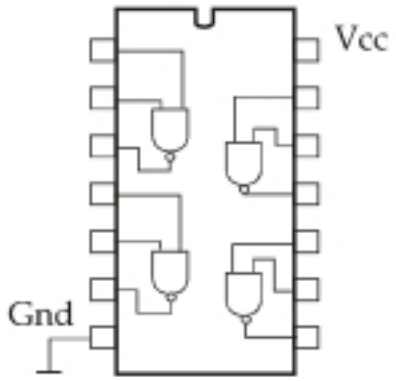


Figura 69 CIRCUITO INTEGRADO 7408 DE CUATRO PUERTAS NAND

Todos los circuitos integrados presentan la misma estructura que el de figura 69, sus patillas se numeran partiendo de la muesca superior en sentido de rotación contrario a las agujas del reloj siendo la número uno la superior izquierda y la número 7 la toma de corriente negativa o masa y la toma de corriente positiva la número 14, la superior de la derecha.

A continuación se encuentra un logigrama de conexionado del los C.I más comunes utilizados en los circuitos lógicos.

La función inversor tiene dos C.I el 7404 y el 4049 C-MOS

Para la función AND hay otros dos el C.I 7408 y el 74132

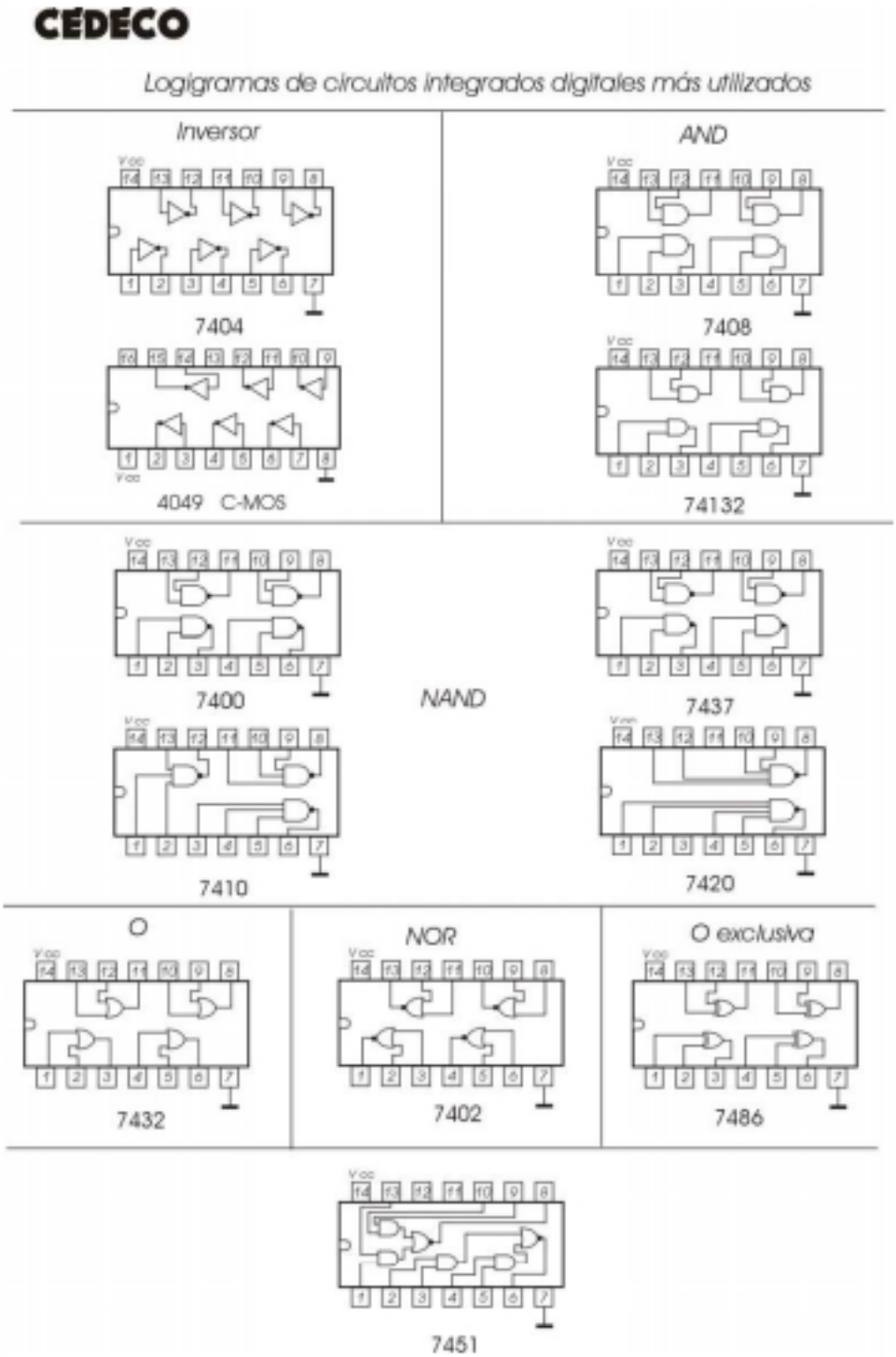
La negación de Y es la NAND y presenta cuatro C.I 7400 y 7437, con tres entradas está el circuito integrado 7410 y con cuatro entradas el 7420

La función OR es la 7432

El C.I 7402 es la negación de Or el NOR

El or exclusivo es el 7486

Un ejemplo de C.I combinado es el 7451



Patillaje de los C.I más comunes

32. COMBINACIÓN DE CIRCUITOS LÓGICOS

Cuado se quiere averiguar la función lógica que realiza un circuito se recurre a la tabla de la verdad. Como ejemplo, el circuito de la figura 71.

Aplicando **un circuito OR con un AND** como el de la figura 71 se consigue una salida única cuya tabla de la verdad indica lo que ocurrirá en este supuesto.

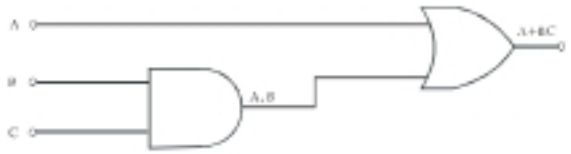


Figura 71 CIRCUITO LÓGICO COMBINADO

La entrada **A** llega directamente a una de las patillas de la función OR.

La entrada **B** es una de las patillas de la función AND, siendo **C** la otra entrada. De estas dos entradas, hay una única salida **B.C,** que pasa por la segunda patilla de la función OR. La salida combinada de estas dos funciones, se deduce en la tabla de la verdad.

A	B	C	B.C	A+BC
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

B con **C** al ser circuito AND es una multiplicación

B x C = 0 x 0 = 0

0 x 1 = 0

1 x 0 = 0

1 x 1 = 1

A con la salida de **B x C** es una suma por ser OR

0 + 0 = 0

0 + 0 = 0

0 + 0 = 0

0 + 1 = 1

1 + 0 = 1

1 + 0 = 1

1 + 0 = 1

1 + 1 = 1

Sin embargo, el uso principal de las tablas no es averiguar que función hace una asociación de funciones. **La finalidad de este sistema consiste en poder diseñar un cableado programado, para que dé una salida lógica, con unas entradas digitales establecidas.** La tabla dará la solución al problema, con la particularidad de que, **se pueden dar varias soluciones que cumplan con todas las condiciones.**

33. ÁLGEBRA DE BOOLE

El **álgebra de Boole**, conocida también como **álgebra lógica** o **álgebra de conmutación**, debe sus comienzos al matemático ingles George Boole, que en 1874 publicó sus trabajos.

El álgebra de Boole, **aplicada a los circuitos eléctricos**, se basa en el carácter binario de los elementos que en él intervienen y que da lugar a las siguientes verdades lógicas:

1ª.- Un contacto eléctrico no puede adoptar más que dos únicos estados "**abierto**" o "**cerrado**". El **contacto abierto se representa simbólicamente por el número cero** y **el cerrado por el número uno**.

2ª.- **La agrupación de un cierto número de contactos solamente puede dar lugar a dos combinaciones lógicas**:

0 (ausencia de tensión)

1 (presencia de tensión)

Suma lógica

Dos entradas lógica pueden dar lugar a 2^2 (cuatro) posibles soluciones

A + B = S

0 + 0 = 0

0 + 1 = 1

1 + 0 = 1

1 + 1 = 1

Comparando estos resultados con la tabla de la verdad, se observa que son idénticos a la **función OR**

La función "**suma lógica**" de dos, o más variables, recibe el nombre de "**función OR**" o "**puerta OR**" debido a que la salida es 1 cuando **A** = 1, o **B** = 1; es decir, para tener una salida 1, es suficiente que una de las variables de entrada sea 1.

Producto lógico

Dos entradas lógica pueden dar lugar a 2^2 (cuatro) posibles soluciones

A . B = S

0 x 0 = 0

0 x 1 = 0

1 x 0 = 0

1 x 1 = 1

Comparando estos resultados con la tabla de la verdad, se observa que son idénticos a la **función AND**.

El **producto lógico** de dos, o más, variables reciben el nombre de "**función AND**" o "**puerta AND**", y solo puede ser 1 cuando todas las entradas sean 1.

En las tres tablas siguientes se expresa el álgebra de Boole con sus circuitos equivalentes de conmutación. Se repite la suma y el producto, explicado anteriormente y se añade los 17 postulados de Boole de forma esquemática. La Ley de absorción y la Ley de Morgan.

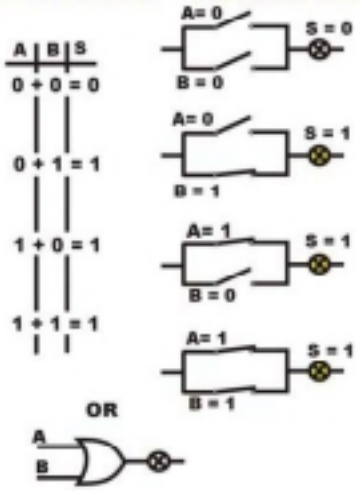
Todas estas leyes son de aplicación cuando partiendo de un supuesto de circuito lógico se pretende simplificarlo y obtener unas puertas lógica que realice la misma función.

En las hojas de prácticas se han de realizar simplificaciones de circuitos lógicos, realizando operaciones básicas y reduciendo por aplicación directa de los teoremas. Cuando tenga delante la práctica, compare los resultados de la tabla de la verdad, con las operaciones de suma o multiplicación y busque si el resultado es igual al de alguno de los 5 teoremas, no tiene más que reemplazar por su equivalente y realizar el circuito de puertas lógicas.

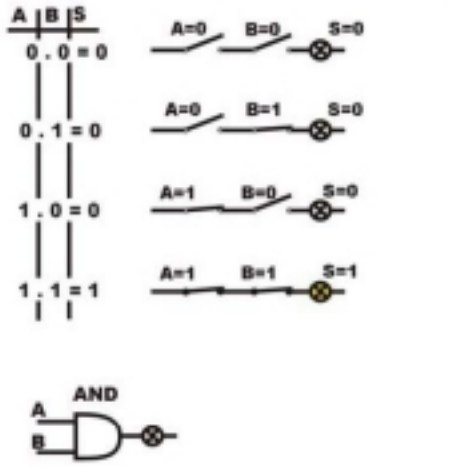
Para comprobar si está bien realizado, se puede hacer lo siguiente: Montar el circuito completo si reducirlo, ver que se cumplen las condiciones del supuesto, y luego motar el circuito reducido y comprobar que hace las mismas funciones y que se cumple lo establecido en la tabla de la verdad, en la grabación de video se explica esta técnica con más detalle.

Álgebra de Boole .

1 POSTULADO La Suma de A por B

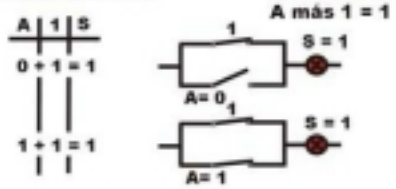


2 POSTULADO El Producto de A por B



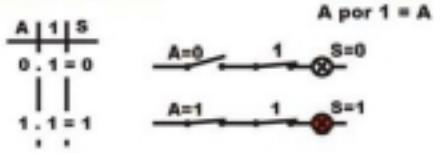
3 POSTULADO A + 1 = 1

A más 1 = 1



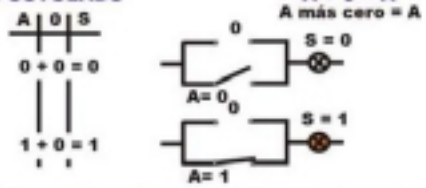
5 POSTULADO A . 1 = A

A por 1 = A



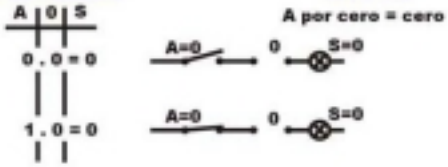
4 POSTULADO A + 0 = A

A más cero = A

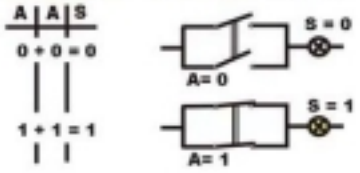


6 POSTULADO A . 0 = 0

A por cero = cero

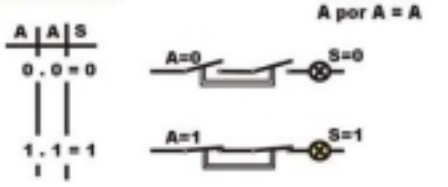


7 POSTULADO A + A = A A más A = A



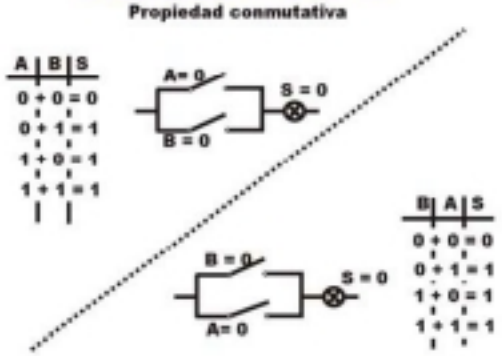
8 POSTULADO A . A = A

A por A = A

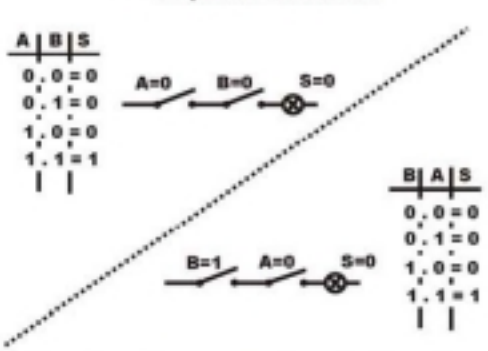


Álgebra de Boole .

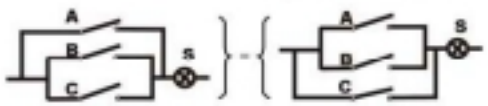
9 POSTULADO A + B = B + A
Propiedad conmutativa



10 POSTULADO A . B = B . A
Propiedad conmutativa

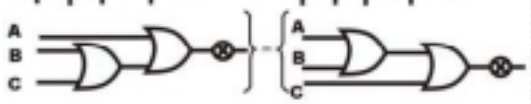


11 POSTULADO A + (B + C) = (A + B) + C
Propiedad asociativa

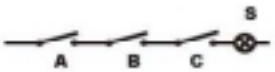


A	B	C	B+C	S = A+(B+C)
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

A	B	C	A+B	S = (A+B)+C
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	1	1
1	0	0	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

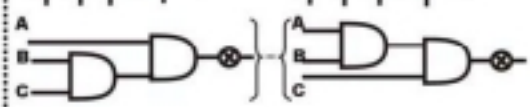


11 POSTULADO A . (B . C) = (A . B) . C
Propiedad asociativa

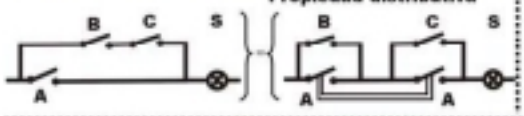


A	B	C	B.C	S = A.(B.C)
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

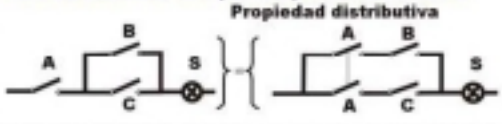
A	B	C	A.B	S = (A.B).C
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	0
1	0	1	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1



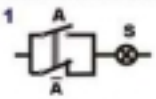
13 POSTULADO A + (B . C) = (A + B) . (A + C)
Propiedad distributiva



12 POSTULADO A . (B + C) = A . B + A . C
Propiedad distributiva

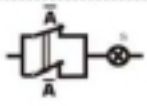


14 POSTULADO A + $\bar{A}$ = 1

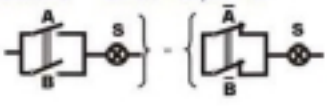


15 POSTULADO A . $\bar{A}$ = 0

16 POSTULADO $\bar{\bar{A}}$ = A



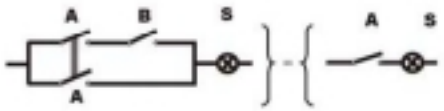
17 POSTULADO Si A = B , $\bar{A}$ = $\bar{B}$



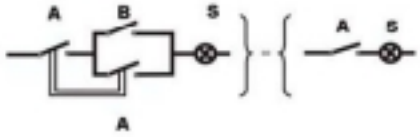
Álgebra de Boole .

LEY DE ABSORCIÓN

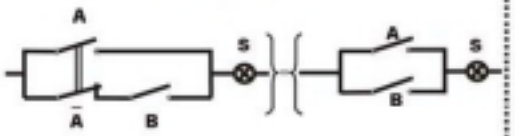
1 TEOREMA : A + A . B = A



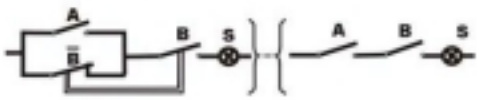
2 TEOREMA : A . (A + B) = A



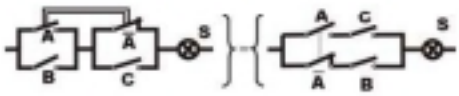
3 TEOREMA : A + $\bar{A}$. B = A + B



4 TEOREMA : (A + $\bar{B}$) .B = A . B

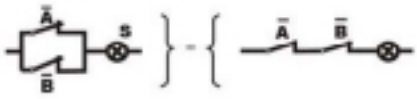


5 TEOREMA : (A + B) . ($\bar{A}$ + C) = A . C + $\bar{A}$. B

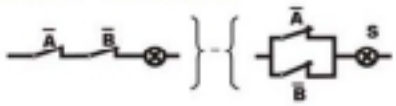


LEY DE MORGAN

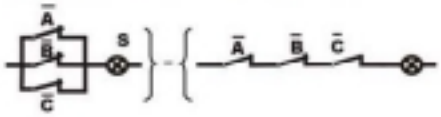
1 TEOREMA : $\overline{A + B} = \bar{A} . \bar{B}$



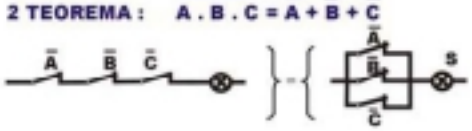
2 TEOREMA : $\overline{A . B} = \bar{A} + \bar{B}$



1 TEOREMA : $\overline{A + B + C} = \bar{A} . \bar{B} . \bar{C}$



2 TEOREMA : $\overline{A . B . C} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C}$



34. DIAGRAMA DE KARNAUGH

Es una técnica de tipo gráfico utilizada para la simplificación de ecuaciones lógicas, que, se basa, en disponer en disponer las combinaciones posibles, en una forma apta para su simplificación. La importancia de esta forma de representación está en resolver rápidamente la compresión de los circuitos electrónicos digitales, bien de automatismo industriales, bien de las computadoras, destacando el menor número de componentes necesarios para resolver los problemas.

35. MAPA DE KARNAUGH.

El mapa **se basa en una representación plana de una esfera**, dividida en tantas partes como combinaciones posibles tiene una función 2^2, 2^3, 2^4.

Dos entradas = 4 casillas

Tres entradas = 8 casillas

Cuatro entradas = 16 casillas

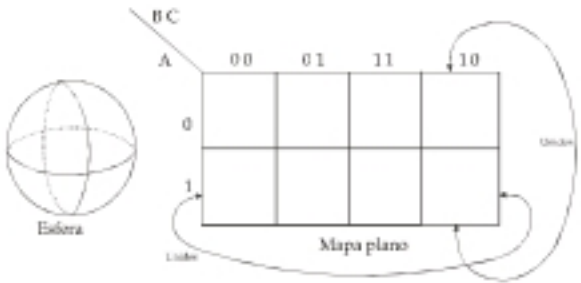


Figura 72 REPRESENTACIÓN DEL MAPA DE KARNAUGH

El mapa de Karnaugh es realmente otra forma de representar la tabla de la verdad de una función lógica en el que la variable **BC** tiene los valores 0-0, 0-1, 1-1 y 1-0. Por otro lado, la variable **A** tiene el valor 0 o 1.

En cada casilla se representa el valor de la columna horizontal, multiplicado por el de la columna vertical.

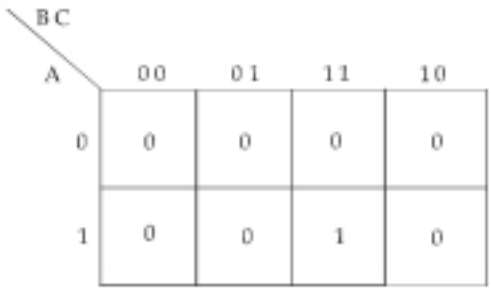


Figura 73 MAPA DE KARNAUGH

Para una mejor, y más rápida compresión, tan solo se escribe el punto de coincidencia

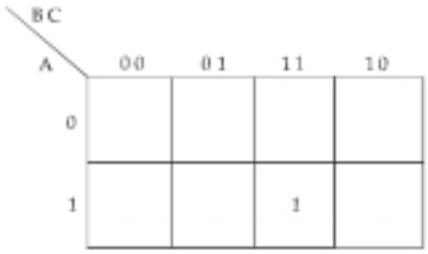


Figura 74 SOLO SE REPRESENTA LAS SALIDAS POSITIVAS

Las casillas vacías son pues de valor 0

Cuando aparecen **casillas ocupadas por 1**, se dice que **existe un lazo**. Este lazo es el producto de la **operación AND**, pero en otros casos, podría ser la suma de una **operación OR**.

Figura 75 LAZOS DE UNIÓN

En esta otra circunstancia de la figura 75, existe siete lazos

Se puede establecer lazos de unión entre una casilla y la inmediata por la derecha, o la izquierda, entre la de arriba y la de debajo, pero nunca entre dos casillas en oblicuo.

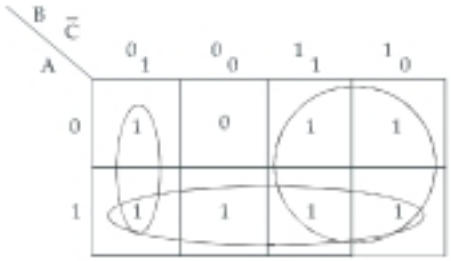


Figura 76 LAZOS DE UNIÓN ENTRE CASILLAS COINCIDENTES

Con la ayuda del mapa se busca una fórmula que exprese como será el circuito que se busca, para ello se sigue el siguiente criterio:

Los **elementos que se repite se anulan** y se **utiliza solamente los que tengan variables**

La fórmula de la figura 74 es

$$S = A\,B\,C$$

Puesto que no se repite ninguna letra.

La fórmula que corresponde a la figura 76 es:

$$S = B.\overline{C}$$

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 2
Equipos electrónicos de maniobra
y dispositivos de regulación y control

Tema 9
Regulación y control electrónico de motores

Tema 9

Regulación y control electrónico de motores

1. Introducción 1
2. Regulación de motores 1
3. Regulación durante el arranque 2
4. Variación de velocidad de funcionamiento 4
5. Regulación de parada 6
6. Frenado de parada 6
7. Inversión del sentido de marcha sin frenado 6
8. Inversión del sentido de marcha con frenado 7
9. Frenado de ralentizamiento 7
10. Los principales modos de funcionamiento 7
11. Regulador de velocidad 10
12. Variadores de velocidad 14
13. Arrancadores progresivos 18

Tema 9

Regulación y control electrónico de motores

1. INTRODUCCIÓN

Los motores, son las máquinas auxiliares de una máquina principal. **La máquina principal produce un trabajo con el auxilio de uno o varios motores**. Los motores eléctricos, se paran o se ponen en funcionamiento, obedeciendo a un mando manual o un programa preestablecido. Se detienen cuando se alcanza un nivel, o se ponen en marcha en el momento que un mecanismo está en una determinada posición. La puesta en marcha, o parada, de estos motores auxiliares, está controlados por los sensores o elementos de detección. Dependiendo de que sustancia hay que detectar los elementos que entran en la regulación de los motores serán totalmente distintos en su construcción, en el aspecto físico, y en principio de funcionamiento.

2. RE ULACIÓN DE MOTORES

Los puntos de regulación de un motor son diferentes, dependiendo del momento de funcionamiento.

Durante el arranque, el motor tiene que vencer la inercia que supone su peso, hasta alcanzar la velocidad de funcionamiento, en este tiempo, consume **de tres a cuatro veces mas de su consumo normal.**

Una vez alcanzada la marcha normal, el consumo disminuye; **durante la marcha se puede presentar el caso de que sea necesario variar la velocidad**.

Al final cuando se desea parar el motor, se corta el suministro y el motor se para, **pero el motor lleva una inercia y hace que se pare después de pasado un tiempo.**

Estos tres estados de funcionamiento se regulan de forma diferente.

3. RE ULACIÓN DURANTE EL ARRAN UE

Se denomina arranque, al **tiempo que transcurre desde la parada hasta su velocidad de funcionamiento**. La puesta en tensión directa de cualquier receptor puede provocar riesgos eléctricos, como puntas de corriente, caída de tensión, a los que se añaden los de una máquina en movimiento, como golpes o desplazamientos.

Se dice que un motor arranca en directo, cuando se aplica a sus bornes, de forma directa, a la tensión de trabajo. Suponiendo que el motor arranca en carga, el bobinado tiene que soportar una intensidad de corriente superior a la normal de trabajo, dependiendo de la carga, y de la masa inerte del motor, la intensidad nominal I_n se incrementa entre **tres y cuatro veces**, pudiendo llegar a ser **hasta ocho veces la nominal**.

En la figura 1 puede verse la **curva de la intensidad de corriente absorbida por un motor durante el arranque.**

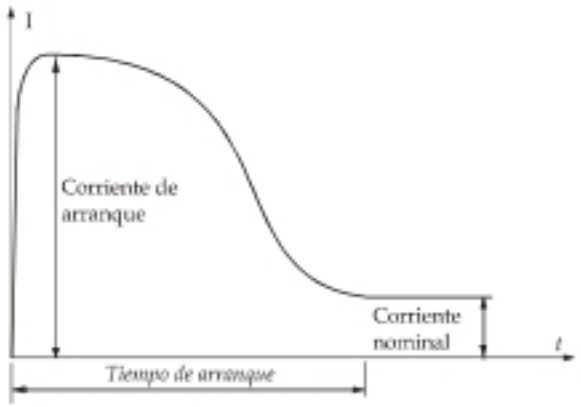


Figura 1 CORRIENTE DE ARRAN UE DIRECTO

La ventaja del arranque directo es conseguir un elevado par de arranque, que puede llegar a 1,5 veces la potencia nominal.

En el arranque directo se emplean los contactores, y se utiliza siempre que la potencia del motor sea menor de 3 CV 2 w y arranque en carga, si arranca en vacio se llega hasta 4 CV 3 w.

Si en lugar de un motor, son varios los que arrancan y paran de forma intermitente, se tendrá un problema importante cuando se trata de motores superiores a los 3 w. En estos caso se acude a sistemas de arranque que disminuyan el consumo aunque suponga una menor potencia en el momento del arranque (el momento de arranque **puede durar como máximo a tres minutos, en la mayoría de las veces suele ser de medio minuto**)

Figura 2 GUARDAMOTOR DE ARRAN UE DIRECTO EN SU CA A DE PROTECCIÓN

Para reducir la intensidad adsorbida durante el arranque, tradicionalmente, se ha venido utilizado los arrancadores como:

- Estrella triángulo
- Resistencias estatóricas
- Autotransformadores

Figura 3 ARRANCADOR ESTRELLA TRIÁNGULO

En la figura 4 puede verse la curva comparada de la intensidad de corriente absorbida por un motor durante el arranque directo y con arrancador estrella triángulo (trazo grueso).

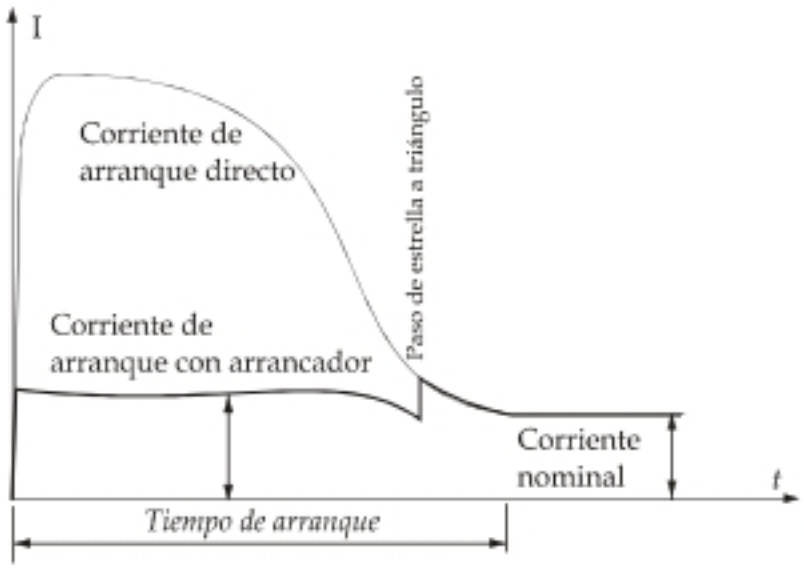


Figura 4 CURVAS DE CORRIENTE DURANTE EL ARRAN UE

A estos sistemas hay que añadir **un sistema nuevo**, el **arrancador progresivo**, que utiliza **un solo contactor**, con otra ventaja añadida, que es **estático y por lo tanto sin desgaste mecánico**. Aunque, de momento, su precio es superior al sistema tradicional.

El arrancador estático, permite el arranque de motores, aplicando una tensión progresiva, con lo que, se limita la corriente del par de arranque.

4. ARIACIÓN DE LA ELOCIDAD DE UNCIONAMIENTO

Puede darse dos casos distintos: que se desee **variar la velocidad** o que se quiera **regular la velocidad**. No es lo mismo regular, que variar, aunque suceda al mismo tiempo.

– **Un variador puede no ser a la vez un regulador**. Es un sistema que posee un mando con amplificación de potencia pero no tiene bucle de retorno. Se llama de bucle abierto . **No es un sistema enclavado**.

El valor de la salida evoluciona poco a poco en función de las perturbaciones.

La zona de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

Un regulador es un sistema enclavado, posee a la vez:

- Un sistema de mando con amplificación de potencia.
- Un sistema de retorno o de bucle cerrado . Así, la magnitud de la salida (tensión, corriente, potencia, velocidad, aceleración, posición, etc.), se compara a la magnitud de entrada, llamada consigna o referencia.

Si la consigna es variable el sistema es a la vez variador y regulador.

El regulador está dotado de una cierta precisión (generalmente expresada en del valor nominal de la magnitud a regular) que hace la salida prácticamente independiente a las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura, etc.)

Figura 5 VARIADOR DE VELOCIDAD

Para más información sobre variadores de velocidad vea el tema 6

5. RE ULACIÓN DE LA PARADA

En muchos casos, resulta necesario el paro instantáneo de elementos de rotación. Se utilizan tres sistemas distintos para conseguir el frenado:

- Frenos mecánicos, llamados **electrofrenos**.
- Freno por contracorriente, **con inversión brusca del giro y desconexión inmediata.**
- Frenado por corriente continua, **alimentando dos fases con corriente continua inmediatamente después de la desconexión**.

6. RENADO DE PARADA.

Deceleración de la velocidad establecida hasta la velocidad nula por aplicación de un par de frenado controlado o no. Por ejemplo, para una parada de emergencia , se frena por todos los medios lo más rápidamente posible, sin controlar los fenómenos de deceleración.

Figura 6 FRENO PARA EL E E DEL MOTOR

7. IN ERSIÓN DEL SENTIDO DE MARCHA SIN RENADO.

Posibilidad de mandar el otro sentido de marcha, habiendo realizado una inversión a una velocidad nula, después de deceleración sin frenado eléctrico.

Figura 8 INVERSOR SIN FRENADO

8. IN ERSIÓN DEL SENTIDO DE MARCHA CON RENADO

Posibilidad de mandar el otro sentido de marcha y obtener una inversión rápida con frenado eléctrico, deceleración y la aceleración controladas.

9. RENADO DE RALENTIZAMIENTO.

Deceleración de la velocidad establecida hasta una velocidad intermedia por aplicación de un par de frenado controlado.

FIGURA 8 7 FRENO ELÉCTRICO

10. LOS PRINCIPALES MODOS DE UNCIONAMIENTO

Unidireccional

Un dispositivo de conversión en electrónica de potencia es llamado **unidireccional** si solo permite el paso de la energía en el sentido **red → receptor**.

No permite pues un frenado estático de ralentizamiento ni una inversión estática del sentido de marcha.

Sin embargo, un frenado de parada puede ser ejecutado desconectando el motor de la red y conectándolo, por un dispositivo distinto, a una resistencia que disipará la energía almacenada en las piezas en movimiento.

Reversible llamado también bidireccional

Un dispositivo de conversión en electrónica de potencia es llamado reversible cuando autoriza el ***transfert*** de la energía en los **dos sentidos red → receptor**.

Un frenado puede entonces ser ejecutado mandando a la red de alimentación toda o parte de la energía almacenada en las piezas en movimiento.

Estos ***transfert*** se pueden hacer:

- Bien por el mismo bloque rectificador, los acoplamientos del motor se efectúan por contactores. Es un reversible por contactores.

- O bien por dos bloques rectificadores distintos, (llamados también antiparalelo). Es un reversible estático.

Puente mixto Puente completo

Los semiconductores de potencia están montados en puente de Graetz.

El puente es llamado mixto cuando está compuesto a la vez de semiconductores controlados (tiristores transistores) y semiconductores no controlados (diodos).

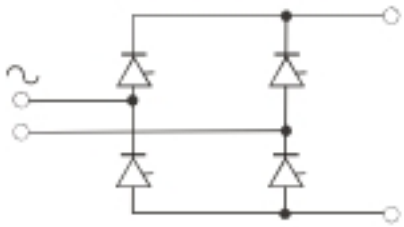


Figura 9 PUENTE MIXTO

Tal puente **solo puede transmitir la energía en un solo sentido**.

Van provistos de uno o varios diodos llamados de descarga o de rueda libre.

El puente es llamado completo cuando está enteramente compuesto de semiconductores controlados. Tal puente es **apto para transmitir la energía en los dos sentidos.**

Figura 10 CONTACTOR ESTÁTICO UNIPOLAR

Figura 11 CONTACTOR TRIFÁSICO

11. RE ULADOR DE ELOCIDAD

Un dispositivo de conversión en electrónica es llamado regulador cuando suministra, a partir de una red monofásica o trifásica, una tensión alterna de valor eficaz variable y de frecuencia fija, la de la red, por modulación del ángulo de cebado de los semiconductores. Estos últimos se acoplan y se montan en oposición y colocan en una fase de la red.

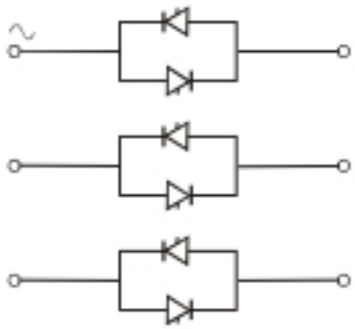


Figura 12. REGULADOR

Par constante potencia constante

La zona de funcionamiento es llamada **par constante** cuando **el motor suministra el par nominal cualquiera que sea la velocidad.**

La zona de funcionamiento es llamada a potencia constante cuando el motor puede suministrar un par de inversión proporcional a la velocidad angular. Es el caso, por ejemplo, de un enrollador axial cuya velocidad angular debe disminuir continuamente a medida que aumenta el diámetro de enrollamiento por acumulación del material.

Es igualmente el caso del plato de un torno vertical durante el desbastado de una cara horizontal de la pieza:

La velocidad angular debe aumentar regularmente a medida que el útil se acerca al centro.

El número de aplicaciones que requiere un funcionamiento a potencia constante es relativamente pequeño.

Carga arrastrante

Una carga es llamada arrastrante **cuando provoca una velocidad superior a la velocidad de consigna**. Por ejemplo, el viento sobre los movimientos horizontales de una máquina de manutención, instalada al aire libre y la gravedad sobre un movimiento de elevación son cargas arrastrantes permanentes.

Cuadrantes de funcionamiento

La repartición de las masas puede provocar los mismos efectos: es el caso, por ejemplo, del de una pieza en rotación que es arrastrante sobre la mitad de cada vuelta.

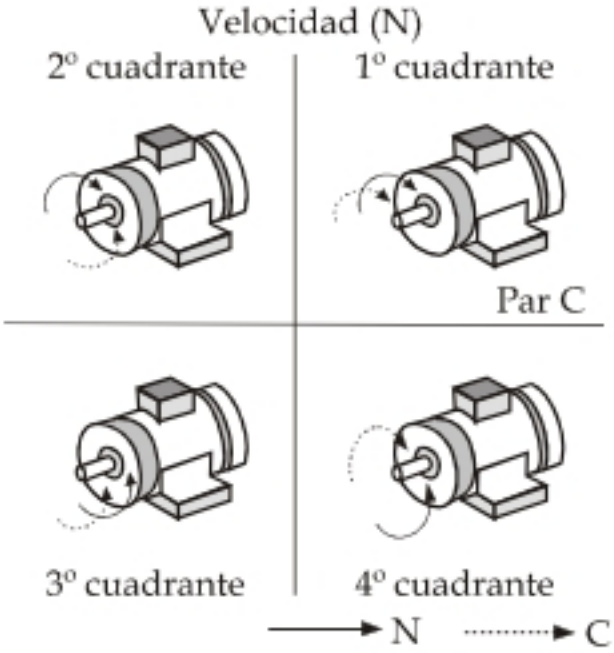


Figura 13. CUADRANTES DE FUNCIONAMIENTO

Conclusión :

Los diversos funcionamientos pueden ser caracterizados de la siguiente manera:

- Cuadrantes 1 y 3 Marcha en motor (la máquina giratoria suministra una potencia mecánica).
- Cuadrantes 2 y 4 Marcha en frenado la máquina giratoria absorbe una potencia mecánica.

El mando de las cargas resistivas

Se efectúa por regulador con tiristores. Va provisto de 2 tiristores montados. Colocado en una fase de la red, permite alimentar una carga resistiva en el momento del encendido de los tiristores.

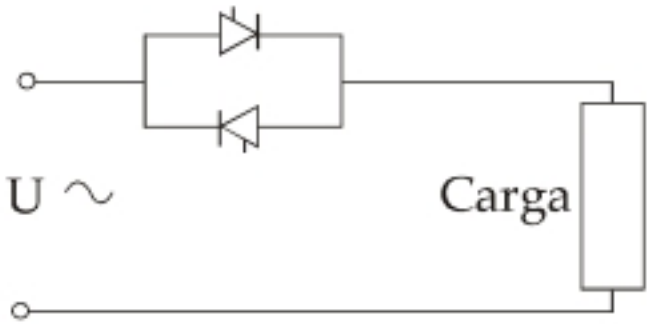


Figura 14. REGULADOR CON TIRISTORES

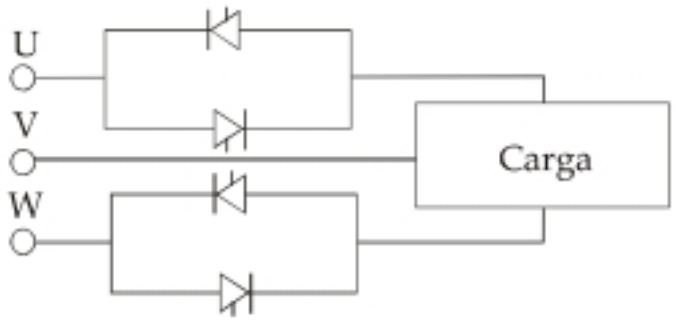


Figura 15. REGULADOR TRIFÁSICO

El mando de los tiristores se efectúa por tren de ondas enteras. El momento inicial de cada ciclo de trabajo es síncrono con la tensión red. La duración de un tren de ondas es de 2,5 s.

En este periodo la gestión del número de ondas enteras de corriente, para obtener la regulación de temperatura deseada, se asegura por el regulador asociado a otro regulador.

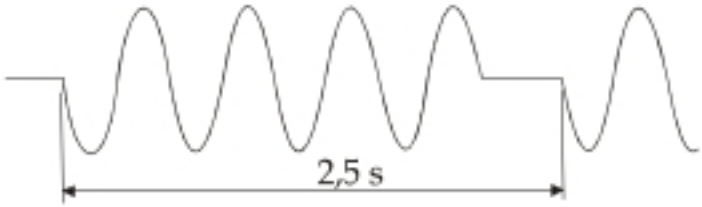


Figura 16. TREN DE ONDAS

Sectores de aplicación

El conjunto de los productos electrónicos de potencia, se compone de tres familias:

Los variadores de velocidad para:

- Motores de corriente continua: ofrecen una gran precisión y una larga gama de velocidad, así como grandes posibilidades de adaptabilidad;
- Motores asíncronos estándar, robustos y sin mantenimiento.
- Motores asíncronos de jaula resistente o de anillos, destinados principalmente al arrastre de los ventiladores.
- Los arrancadores para motores asíncronos estándar aseguran una limitación de la corriente de llamada y permiten realizar un ahorro sobre la mecánica arrastrante.
- Los reguladores por tren de ondas enteras, para electrotermia resistiva.

Los criterios de elección o valores de uso más determinantes, frente a una máquina a equipar, deben conducir a una solución más económica.

Solo el estudio profundo de la aplicación permite definir la elección de la solución óptima.

La electrónica de potencia está presente en todos los sectores de actividades y la tabla más abajo indica algunas de las aplicaciones más corrientes.

Variadores de velocidad					
Aplicaciones	Corriente continua	Corriente alterna	aula de ardilla Bobinado	Arrancador progresivo Normal	Por tren de ondas Cargas resistivas
Ventilación		Apropiado	Apropiado	Apropiado	
Bombas volumétricas	Apropiado	Apropiado			
Bombas centrífugas		Apropiado		Apropiado	
Cintas transportadoras	Apropiado	Apropiado		Apropiado	
Escaleras mecánicas				Apropiado	
Máquinas ciclicas	Apropiado	Apropiado		Apropiado	
Compresores				Apropiado	
Trituradoras, arranque en vacio	Apropiado				
Cadenas de producción	Apropiado			Apropiado	
Enrolladores Desenrolladores	Apropiado				
Calefacción resistiva					Apropiado

TABLA DE APLICACIONES DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD

12. ARIADORES DE ELOCIDAD.

Características generales

Los variadores de velocidad son convertidores de frecuencia destinados a la alimentación de los motores asíncronos normalizados, en una gama de potencia muy alta de **90** a **90** **w**.

Funcionan según el principio de modulación de longitud de impulsos (P M Sinus) por segmentación de una tensión continua fija. Esta técnica asegura una rotación regular y sin sacudidas de los motores, incluso a velocidad muy baja, gracias a una forma de corriente de salida muy cercana a la sinusoide.

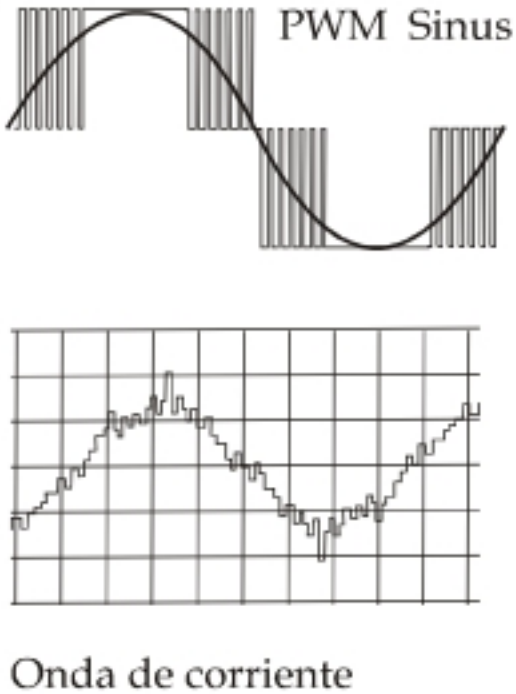


Figura 17 ONDA MODULADA

La fiabilidad del producto es el resultado de una gran integración de las funciones electrónicas y de los medios industriales de control, llevado a cabo en todos los niveles de la cadena de producción.

Campos de aplicación

Los variadores de velocidad encuentran su utilización en numerosos sectores de la industria, ya que se asocian a los motores asíncronos que responden perfectamente a las exigencias de robustez y de sencillez de los utilizadores.

Estos variadores de velocidad están particularmente bien adaptados al mando de motores asíncronos normalizados, suministrando una frecuencia y tensión variables del sector.

Los principales criterios de elección del usuario pueden ser la calidad de arrastre, la rotación regular y sin oscilaciones (máquina herramienta), la posibilidad de sobre par sin desclasificación, aún en baja velocidad (machacadoras, mezcladoras), una adaptación sin reglaje a cualquier tipo de motor ya las fluctuaciones de carga (transportadores). Las extensas posibilidades de diálogo con el operador, incluso con los autómatas programables, les confieren una gran flexibilidad de explotación en numerosos sectores de actividades de la industria, entre los cuales habría que citar:

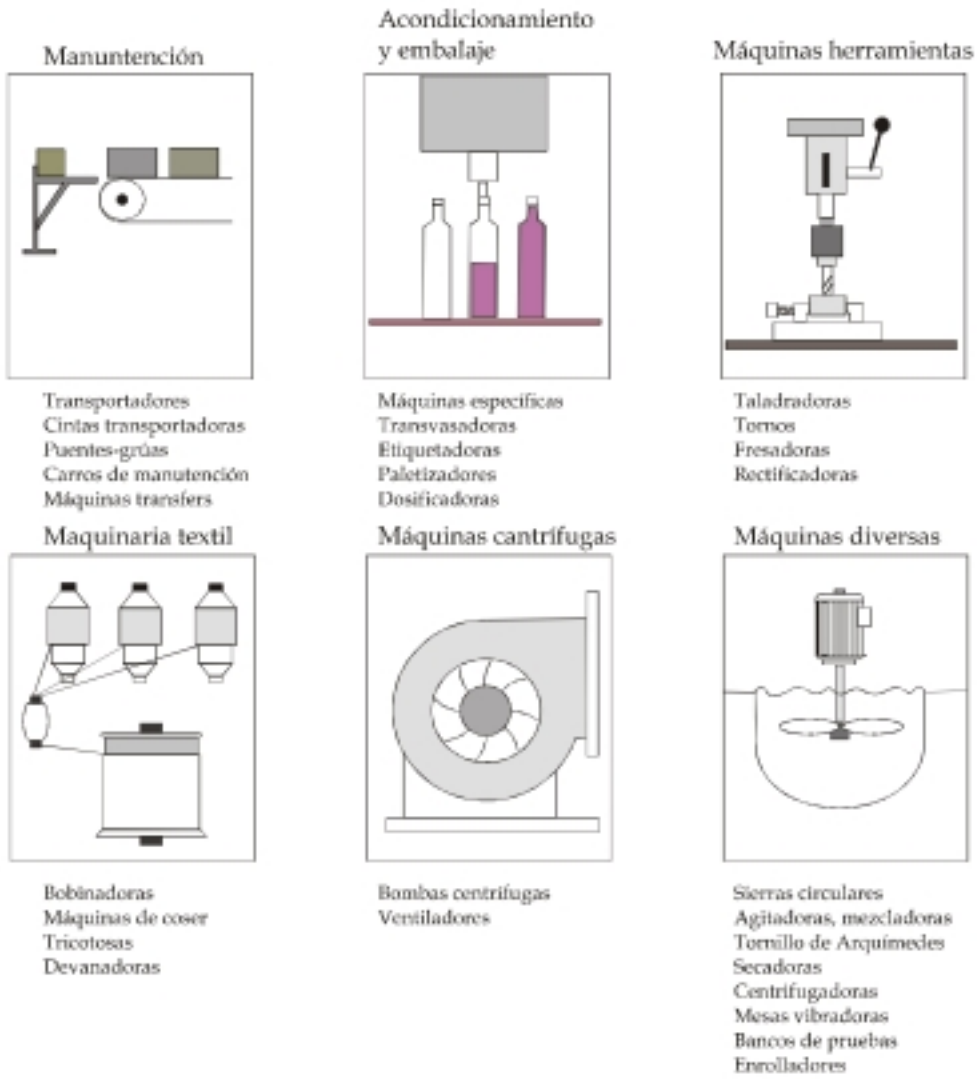


Figura 18 CAMPO DE APLICACIÓN DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD

Principio

Los variadores de velocidad han sido concebidos para las aplicaciones donde los criterios de economía y de robustez tienen una gran importancia. Comprenden principalmente:

- **Un rectificador constituido por una fuente de tensión continua** elaborada a partir de un puente rectificador alimentado por una red monofásica o trifásica, y de un circuito de filtrado.

- **Un ondulador** constituido por 6 transistores de potencia.

Este ondulador está compuesto por uno o tres módulos aislados según el calibre, y crea, a partir de la tensión continua fija, una red alterna trifásica a tensión y frecuencia variables.

Estos productos están pilotados por una unidad de control que, organizada alrededor de **un microprocesador**, asegura las funciones de mando de los componentes de potencia, de diálogo, de protección y de seguridad.

La utilización de tecnologías modernas (componentes de potencia integrados, microcomponentes, control de microprocesador) ha permitido una disminución sensible del volumen de estos productos.

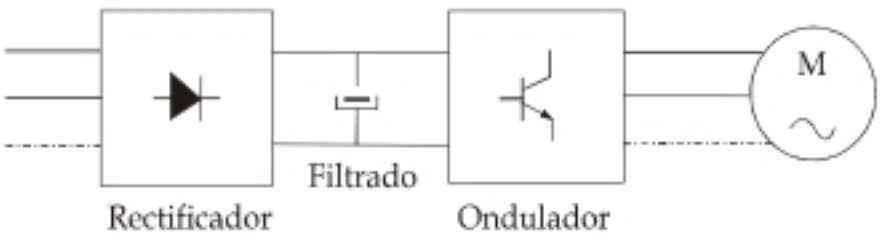


Figura 19 INTEGRADO DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

13. ARRANCADORES PRO RESI OS.

eneralidades

El arrancador ralentizador es un regulador de 6 tiristores que permite el arranque y la parada controlada de los motores asíncronos trifásica de jaula, de 3 a 800 w.

FIGURA 8 20. ARRANCADOR PROGRESIVO

Asegura :

- El control de las características de funcionamiento, principalmente durante los **periodos de arranque y parada**.
- La **protección térmica del motor** y del arrancador.
- La **protección mecánica de la máquina** arrastrada por supresión de los golpes de par y reducción de la corriente de llamada.

Para las aplicaciones sencillas y los pequeños motores hasta 7 5 w (a 380 V), es un arrancado económico.

Constitución

Está constituido esencialmente de dos partes:

- **Un módulo potencia** provisto de tiristores con enfriadores, los circuitos de cebado, de lectura corriente y según el calibre, un ventilador.
- **Un módulo de mando** y de protección electrónica, basado en microprocesador.

Principales funcionalidades

Comprende:

Tres posibilidades de arranque:

- Una rampa de **aceleración regulable** de 1 a 30 s.
- Una **limitación de corriente** regulable, de 2 a 5 In, para las máquinas de gran inercia.
- Una rampa y limitación combinadas para **controlar el par en el arranque**.

En las tres posibilidades de arranque, **es posible obtener un sobre par intempestivo**, llamado impulso adicional .

Tres modos de parada:

- **Parada libre** por corte de alimentación,
- **Parada decelerada** en rampa regulable de 2 a 60 s,
- **Parada frenada** tipo inyección de corriente continua .

Tres protecciones integradas:

- **Protección térmica del motor con alarma**.
- **Protección térmica**.
- **Detección y señalización de defectos**: desequilibrio y ausencia de fases, defecto tiristores,...

Aplicaciones

Se utiliza en la mayoría de los sectores industriales: siderurgia, agro alimentaria, terciario, transportes, bancos, textil, etc.

Algunos ejemplos: ventiladores, bombas, compresores (arranque en vacío), cintas transportadoras, rotativas, imprenta, escaleras mecánicas, máquinas textiles.

Elección del calibre

La elección se efectúa en función de la tensión de la red y de la potencia normalizada del motor.

Este acercamiento resuelve la mayoría de los casos.

Sin embargo, en el caso de esfuerzos particulares, por ejemplo débil llamada de corriente o máquina de gran inercia, el conocimiento de las características eléctricas y mecánicas es indispensable:

- Par resistente en función de la velocidad de la máquina arrastrada así como la inercia de las piezas en movimiento.
- Características del par y corriente en función de la velocidad del motor. Estos datos están tratados en un programa específico.

La elección correspondiente a estos datos específicos se determina por software especializado.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 2
Equipos electrónicos de maniobra
y dispositivos de regulación y control

Tema 10
Controladores programables

Tema 10

Controladores programables

1. Programadores electrónicos 1
2. Programación por teclado 1
3. Programación por lápiz de fibra óptica 3
4. Programador con termostato 4
5. Interruptor crepuscular mural 5
6. Relés de prioridad electrónicos 7

Tema 10

Controladores programables

1. PRO RAMADORES ELECTRÓNICOS.

Cualquier dispositivo de interruptor asociado a un reloj se puede programar para que se abra y luego se cierre a la hora establecida. Cuando el sistema de apertura y cierre se hace de forma mecánica, levantando una leva o colocando un tope se les da el nombre de analógico, cuando en realidad son mecánicos es decir dispositivo de reloj eléctrico. La precisión de estas dispositivos es de 15 minutos de error El mismo interruptor de puede abrir o cerrar varias veces. El programador electrónico es un interruptor accionado por un reloj electrónico, y la precisión es de segundos, además puede llevar varios interruptores independientes y cada unos de ellos se pueden abrir o cerrar con total independencia de los demás. Hacer que uno actúe una vez a la semana, otro una vez al día y otro una vez al año. Con corrección automática de adelanto y atraso de la hora para adecuarlo al horario oficial.

En este tema se hace referencia únicamente a los programadores digitales, que se fabrican especialmente adecuados a una solo aplicación, o aplicaciones muy similares

2. PRO RAMACIÓN POR TECLADO.

Este pequeño programador se construyen con un ancho de uno, dos, cuatro y seis módulos, (por esta razón se llama modular) puede instalarse en carriles DIN, como se hace con los magnetotérmicos. Se fabrican con un conmutador y también con dos conmutadores, o cuatro como el de la figura 1, con contactos para carga óhmica de 16 A. ue, para cargas inductivas, se rebaja a 8 A.

Permite una maniobra marcha o parada programable cada segundo. Se puede automatizar hasta 16 maniobras en uno de los contactos, o bien 8 maniobras si se utilizan las dos salidas, de modo que, entre los dos contactos, el número máximo de maniobras sea 16. Por ejemplo: se puede programar el alumbrado y la calefacción en función de la ocupación de los locales, la regulación de la ventilación, la apertura y cierre de accesos y los toques de campana o sirena, así como cualquier aplicación que permita gobernar la marcha de su instalación o administrar mejor la energía.

Figura 1 PROGRAMADOR ELECTRÓNICO DE CUATRO CONTACTOS PROGRAMABLES

Cuando el amperaje sobrepase los 16 A del contacto se tendrá que utilizar contactores, si no es así, se usará directamente, sin contactores.

La programación es simple, se selecciona la hora de encendido y la de apagado, de forma similar a como se hace con un video casero, y se añade instrucciones, según las necesidades, para que:

– El programa sea idéntico cada día.

– De lunes a viernes idéntico y los fines de semana diferente.

Dispone de pantalla de visualización del programa escrito en una pantalla de 24 horas.

Las teclas permiten la posibilidad de mandar manualmente al receptor, sin modificar el programa de base.

Cuando se activa la posibilidad de programar días festivos en la pantalla aparece reflejado que está activado.

Comunes a todas las marcas y modelos están los siguientes puntos:

A1 y A2. Alimentación constante lo normal es 230 V

CL. Botón de reciclaje, para borrar todo, es un punto pequeño con pulsador interior, que para pulsa hay que ayudarse de un pequeño alambre

Símbolo de conmutador. Para entrada por el centro y salida a la derecha o la izquierda, puede tener un conmutador, dos, tres y hasta cuatro.

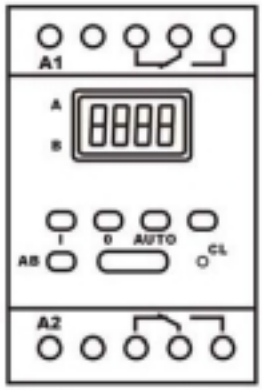


Figura 2 FRONTAL DEL PROGRAMADOR ELECTRÓNICO

3 PRO RAMACIÓN POR LÁPIZ DE IBRA ÓPTICA.

Una maniobra marcha o parada programable cada hora. Permite automatizar 4 circuitos eléctricos. Asegura, sin presencia humana, a lo largo de la semana, la marcha y parada de aparatos muy diversos normalmente agrupados en mismo edificio.

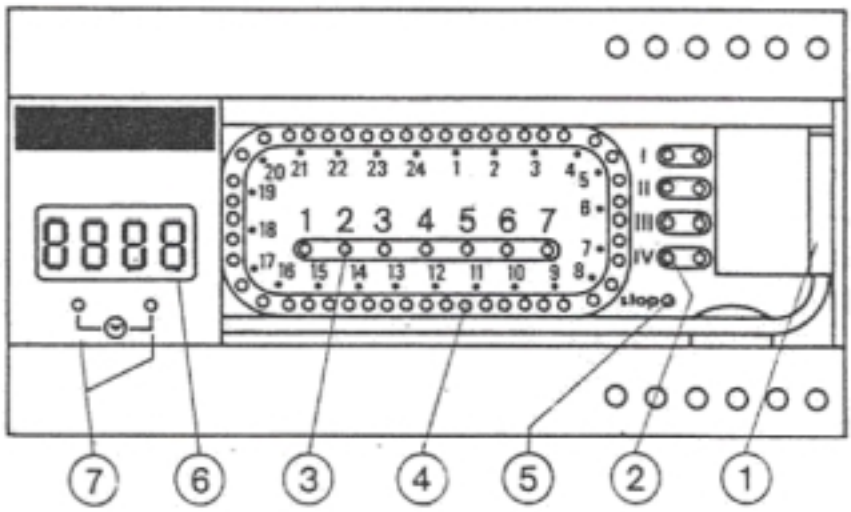


Figura 3 PROGRAMADOR POR LÁPIZ ÓPTICO

La programación es fácil, por simple punteado del lápiz óptico 1 sobre las posiciones deseadas: programa de la vía concerniente 2 , día 3 , horas de funcionamiento 4 .

Visualización inmediata por simple llamada del programa 2 .

Posibilidad de interrumpir el funcionamiento de un varios circuitos 5 y de programar la hora y el día del próximo arranque.

6 Reloj referencia con visualización numérica.

7 Puesta en hora del reloj referencia .

4. PRO RAMADOR CON TERMOSTATO.

Una función de control de calefacción para tener la temperatura ideal en cada momento.

Programación de temperatura confort ( ) reducida ( ), antihielo ( ) 1 .

Función optimizador (con Shunt 5) para los edificios de fuerte inercia. Es suficiente programar la temperatura y la hora correspondiente, el programador calcula la hora de conexión de la calefacción, en función del tiempo necesario, la víspera para llegar a la temperatura deseada.

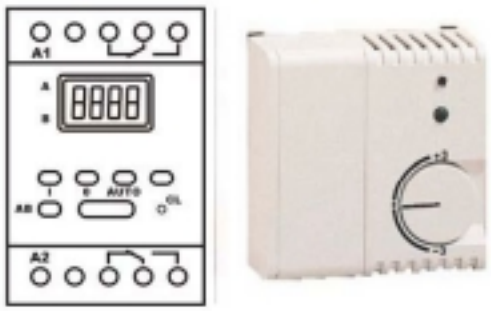


Figura 4. PROGRAMADOR CON TERMOSTATO.

Visualización del programa escrito en una pantalla de 24 horas 2 .

Posibilidad de controlar manualmente el receptor, sin modificar el programa de base (inversión de las consignas confor reducida o forzado antihielo U 3).

.La posibilidad de programar días festivos 4 .

Suministrado con captador mural regulable por potenciómetro de 1 posición fija (Para o no según cableado interno) y 1 zona de regulación que permite visualizar 3 C alrededor de la temperatura inicializada en el programador.

Un capó sin botón moleteado permite obtener una versión fija.

5. INTERRUPTOR CREPUSCULAR MURAL.

Este regulador electrónico de iluminación posee un captador de luz incorporado.

Figura 5 INTERRUPTOR CREPUSCULAR CON CAPTADOR INCORPORADO

Se utiliza para el mando del alumbrado que deba funcionar o desconectarse a un determinado nivel de iluminación regulable entre 0 y 2000 lux.

Una temporización de 2 minutos evita las desconexiones intempestivas.

Interruptor crepuscular modular.

Este regulador electrónico de iluminación funciona con un captador de luz separado 3 .

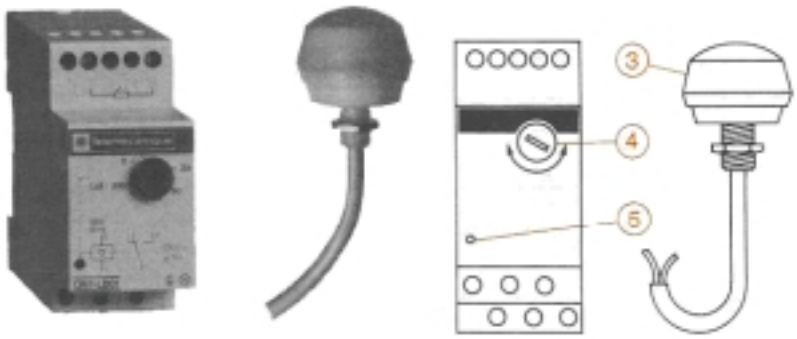


Figura 6 INTERRUPTOR CREPUSCULAR CON CÉLULA SEPARADA

El captador se sitúa en el exterior para medir la intensidad de iluminación y tiene 2 niveles de iluminación (0 200 y 200 a 20000 luz para adaptarse a múltiples aplicaciones (escaparates, alumbrado exterior, señalización, alumbrado interior, oficinas y grandes almacenes.

El botón de reglaje del umbral de desconexión está situado en la cara frontal 4 . Un diodo luminoso 5 indica la intensidad de iluminación medida por el captador de luz.

Programador electrónico crepuscular modular.

Una función de reglaje del umbral de iluminación por debajo del cual de conecta el alumbrado.

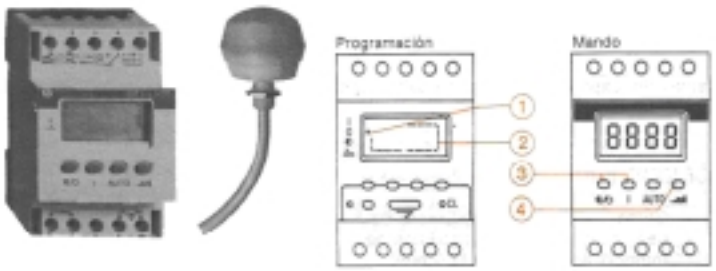


Figura 7 INTERRUPTOR CREPUSCULAR ASOCIADO CON UN PROGRAMADOR

Escritura de un programa Marcha parada .

Visualización del programa escrito en una pantalla de 24 horas 2 .

Posibilidad de mandar manualmente su receptor, sin modificar el programa de base (marcha 1 o parada 0 3).

Posibilidad de programar días festivos 4 .

Suministrado con captador doble sensibilidad: 5 a 200 lux (alumbrado exterior), 200 a 20000 lux (alumbrado interior) y escuadra de fijación mural del captador.

Figura 8 CAPTADORES DE LUMINOSIDAD EXTERNOS

6. REL S DE PRIORIDAD ELECTRÓNICOS.

Estos aparatos aseguran el control de la intensidad total absorbida y cortan, en caso de exceso, los circuitos no prioritarios a favor de los circuitos prioritarios. Estos relés de prioridad permiten utilizar mejor un consumo importante de receptores eléctricos con una potencia contratada limitada.

El captador de intensidad, suministrado por separado con el producto, se monta en cabeza de la instalación. El corte los circuitos prioritarios se efectúa por contactores de polos ruptores (posibilidad de control directo hasta 9 A en la vía 1, por contacto inversor). Esta separación de las funciones una gran flexibilidad de implantación en el cuadro.

2 tipos de relés de prioridad:

Monofásico jerarquizado, 1, 2, o 3 vías (utilizar 3 productos para distribución trifásica). En caso de exceso, deslastrado de la vía 1 y, si es necesario, de la vía 2 y de la vía 3. La activación se efectúa en el orden inverso tras un ciclo de 5 minuto;

Monofásico de prioridad cíclica, 3 vías:

La prioridad de deslastrado se modifica cada 5 minutos; las vías se cortan alternativamente y cada receptor funciona a 1 3 o a los 2 3 del tiempo. Este procedimiento se utiliza para deslastrar la calefacción eléctrica sin perdida de confort.

Estos relés de prioridad poseen:

Unos diodos de visualización de estado deslastrado 1 .

Un conmutador de gama de intensidad 2 : 10 calibres de 15 a 90 A (1).

Un captador de intensidad separado adaptable a todos los aparatos 3 .

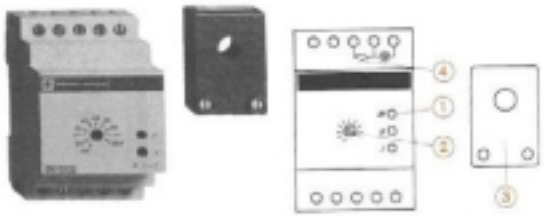


Figura 9 RELÉ PROGRAMABLE DE AHORRO DE ENERGÍA

La distancia entre el captador y el relé de prioridad es de 10 metros máxima.

Una entrada de forzado para deslastrar las vías sobre orden programada o sobre mando de la compañía 4 .

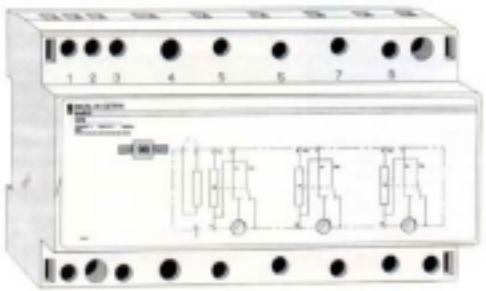


Figura 10 CONTROLADOR DE POTENCIA PARA TRES LÍNEAS NO PRIORITARIAS

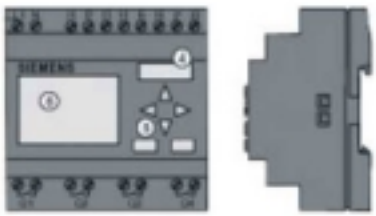
CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

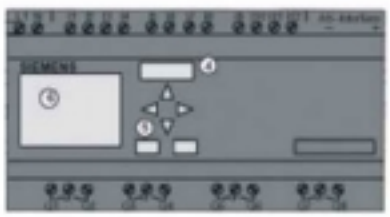
Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 2
Equipos electrónicos de maniobra
y dispositivos de regulación y control

Tema 11
Autómatas programables dispositivos de seguridad y fiabilidad iniciación a la programación





Capítulo 11
Autómatas programables
dispositivos de seguridad y fiabilidad
iniciación a la programación

1. Introducción 1
2. Variables en los autómatas programables 2
3. Sensores y actuadores conectados a un autómata programable 7
4. Programación de autómatas 11
5. Lenguaje en lista de instrucciones 12
6. Lenguaje en esquema de contactos 13
7. Instrucciones de programación 14
8. Ciclo de programa 15
9. El autómata TSX17 16
10. Descripción del micro autómata TSX17 16
11. Descripción detallada del SIMATIC S7 200 24

Capítulo 11

Autómatas programables

dispositivos de seguridad y fiabilidad

iniciación a la programación

1. INTRODUCCIÓN.

La mayoría de procesos existentes en la industria pertenecen al tipo de **procesos discontinuos o procesos discretos** y para su control pueden emplearse sistemas comerciales basados en microprocesadores. Los más empleados son **los autómatas programables PLC´s** ; el esquema básico de un autómata programable está representado en la figura 1

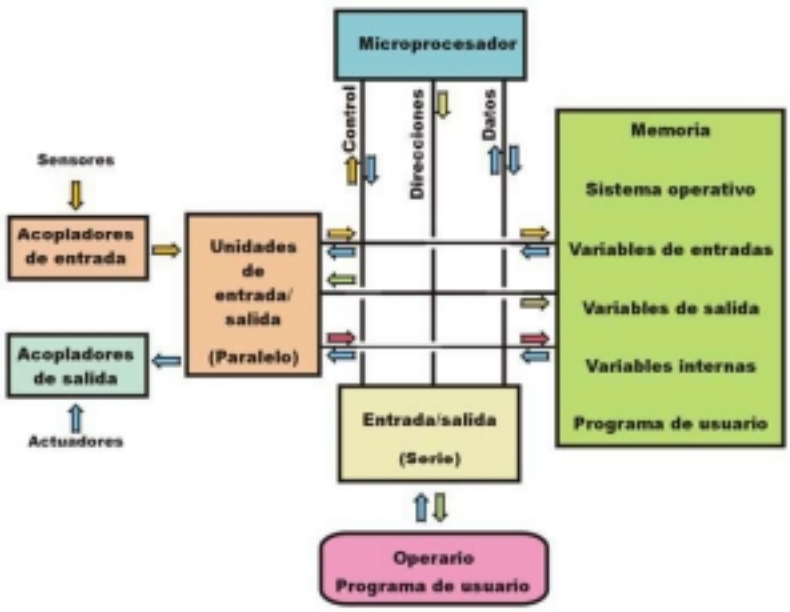


Figura 1 ES UEMA BÁSICO DE UN AUTÓMATA PROGRAMABLE

Un autómata programable ***es un equipo electrónico***, basado en ***un microprocesador o microcontrolador***, que tiene generalmente ***una configuración modular***, puede programarse en lenguaje no informático y está diseñado para ***controlar en tiempo real y en ambiente industrial procesos que presentan una evolución secuencial***.

El sistema formado por el proceso y el autómata que se encarga de controlarlo está representado en la figura 2.

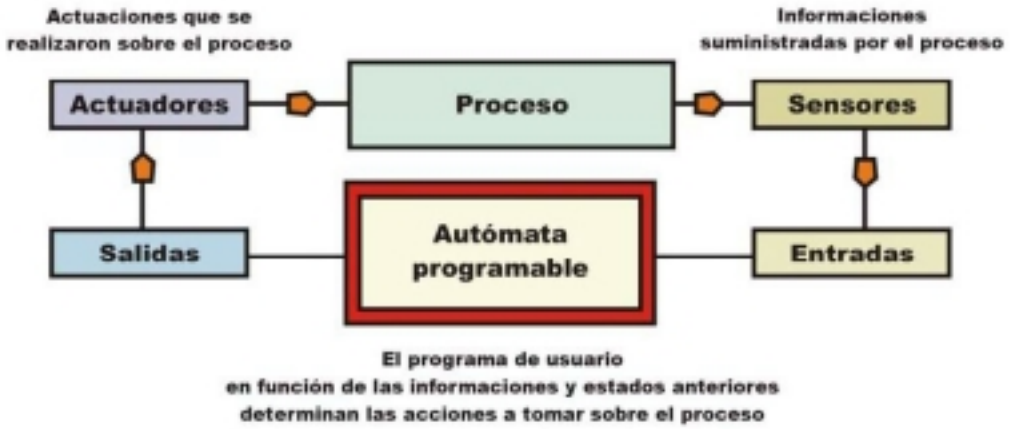


Figura 2 SITUACIÓN DEL AUTÓMATA EN EL PROCESO

El programa de usuario recibe las informaciones del proceso y de los estados anteriores; de acuerdo con el algoritmo que tiene implementado los procesa y determina las acciones que el autómata ha de tomar sobre aquél. Las señales que reciben los actuadores se denominan ***variables externas de salida***, las señales que suministran los sensores reciben el nombre de ***variables externas de entrada***.

El autómata hace la misión de un sistema de control programado.

2. ARIABLES EN LOS AUTÓMATAS PRO RAMABLES.

Las variables en los autómatas se pueden dividir en dos grandes grupos:

- variables **externas** y
- variables **internas**.

ariables externas

Las variables externas **de entrada** pueden ser de dos tipos:

ariables todo nada. Como por ejemplo la **señal recibida de un final de carrera** (micro) o la señal que activa un regulador electroneumático para desplazar un cilindro. Los autómatas programables trabajan con lógica positiva, así por ejemplo, la señal procedente de un pulsador será tomada como **1** cuando esté pulsado, y como **0** cuando no. Los módulos de entrada salida todo nada permiten trabajar con señales de tensión alterna o continua en las gamas existentes en la industria, siendo las más comunes **230 ca**, **24 ca** y **24 cc**.

ariables analógicas. Como por ejemplo la **señal proporcionada por un termómetro o la tensión de consigna que se suministra a un variador de velocidad**. Las señales de este tipo con las que trabaja un autómata programable son, tensión **0 10** o intensidad de **4 20 mA**. Los módulos de entradas salidas discretizan estas señales empleando generalmente **convertidores de 8 bits**.

Se muestra en la figura 3 un esquema de bloques de un autómata programable **desde el punto de vista de las variables que utiliza y las memorias donde se almacenan**.

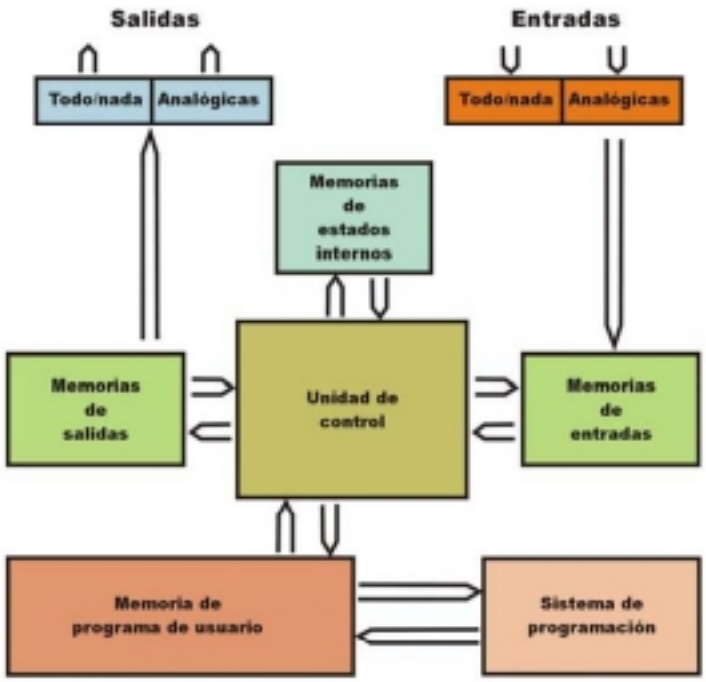


Figura 3 ES UEMA DE BLO UES DE UN AUTÓMATA PROGRAMABLE.

Una característica propia de los autómatas programables es, que tienen asignados **dos zonas de memoria independientes para variables externas**. Una para las variables de entrada, y otras para las de salida. Estas zonas de memoria, a su vez, pueden almacenar **datos de bit cuando la variable es del tipo todo nada** o **datos de byte cuando la variable es de tipo analógico**. También, en función del tipo de variables que lleven asociadas a las instrucciones cargadas en el programa de usuario, pueden ser direccionadas como bit o como byte; **si la variable es todo nada el direccionado es bit a bit; si la variable es de tipo analógica la posición direccionada tendrá un byte**.

Existe una relación directa entre la posición física de la conexión de la variable en el módulo de entradas o salidas conectado al autómata **y la posición de memoria donde se almacena el dato**. Por ejemplo:

La **entrada todo nada** número cuatro de la memoria de **entradas de bit** (figura 4).

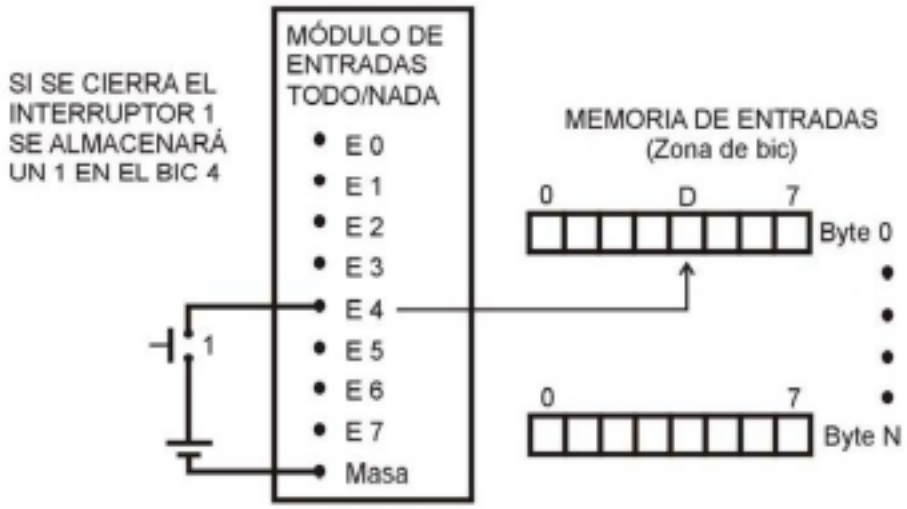


Figura 4 POSICIONAMIENTO EN LA MEMORIA DE UN BIT DE ENTRADA

La **entrada analógica** cero almacena un valor **en código binario natural en el byte** cero de la memoria de entradas de byte. Previamente **el convertidor analógico digital transforma a código binario natural** la señal de tensión que estará comprendida en el margen **0 10** (figura 5).

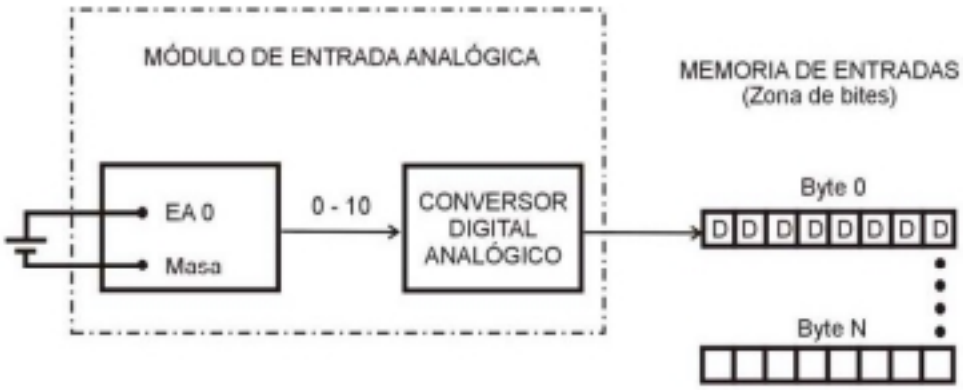


Figura 5 POSICIONAMIENTO EN LA MEMORIA DE UN B TE PROCEDENTE DE UN MÓDULO DE ENTRADA ANALÓGICA

También **existe una relación directa entre la memoria dedicada a las variables de salida y la posición de las conexiones asociadas a ellas en los módulos de salida**.

Tomando como referencia lo explicado anteriormente para las entradas, **para la salida todo nada se tendría la disposición indicada en la figura 6.**

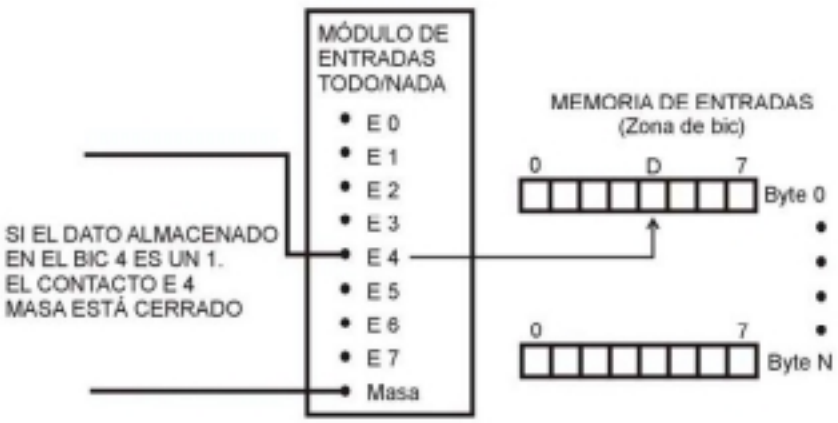


Figura 6 POSICIÓN DE UN BIT DE SALIDA EN LA MEMORIA.

Las **salidas todo nada** pueden ser: **salidas a relé**, **salidas a transistor**, **salidas a triac**. En los tres casos y refiriéndose a la figura 6, cualquiera de los dispositivos actúa como interruptor entre la salida cuatro y masa.

La salida analógica cero está representada en la figura 7.

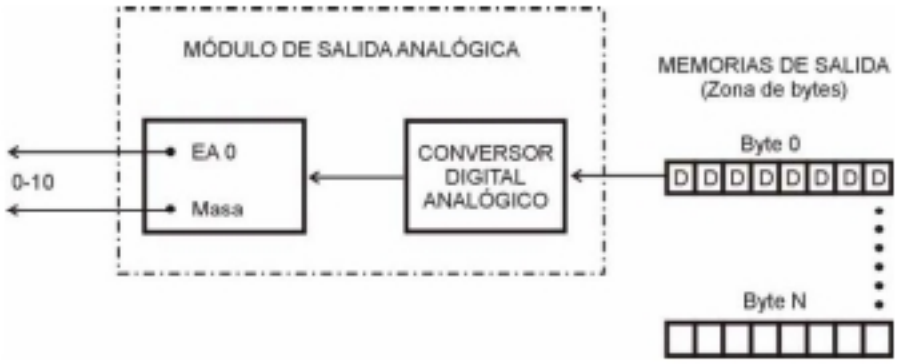


Figura 7 POSICIÓN EN LA MEMORIA DE UN B TE, PARA MÓDULO DE SALIDA ANALÓGICA.

ariables internas.

A las variables externas comentadas en los párrafos anteriores hay que añadir **las variables internas que al igual que las externas tienen asignada su propia zona de memoria** que puede ser direccionada en función del **dato almacenado bit a bit** o como **byte**.

Estas posiciones de memoria **son utilizadas por el autómata para almacenar resultados parciales de operaciones lógicas o aritméticas que se producen en el programa** de usuario.

Dentro de la zona de memoria de variables internas existe una serie de posiciones todo nada que pueden ser utilizadas por el programa de usuario y que le informa del estado en que se encuentra el autómata o le proporcionan señales de reloj que pueden emplearse como base de tiempo para determinadas instrucciones del programa.

Todos los autómatas tienen al menos las siguientes variables internas especiales:

Impulso inicial al pasar al **modo RUN**.

Señal que indica que **la unidad de control está activa**.

Señal de reloj de 1 segundo.

Señal de reloj de 0 1 segundo.

Las zonas de memoria asignadas a las variables externas e internas son **memorias de tipo lectura escritura**. **Los datos almacenados en las tres zonas pueden ser procesados tantas veces como sea necesario** por el programa de usuario.

3. SENSORES ACTUADORES CONECTADOS A UN AUTÓMATA PRO RAMABLE.

En la figura 4, se mostraba cómo un interruptor conectado a la entrada cuatro del módulo de entrada todo nada, puede controlar una variable de entrada. **Cualquier sensor que presente dos estados conectado desconectado puede controlar una entrada todo nada de un autómata independientemente de como sea accionado este sensor**; puede ser: interruptor o pulsador accionado de forma mecánica o manual; contactos auxiliares activados por la bobina del contactor; contactos auxiliares de relés térmicos; relés tipo Reed, colocados sobre las camisas de los cilindros neumáticos y activados por el émbolo magnético del cilindro; finales de carrera activados por desplazamiento de piezas móviles, etc.

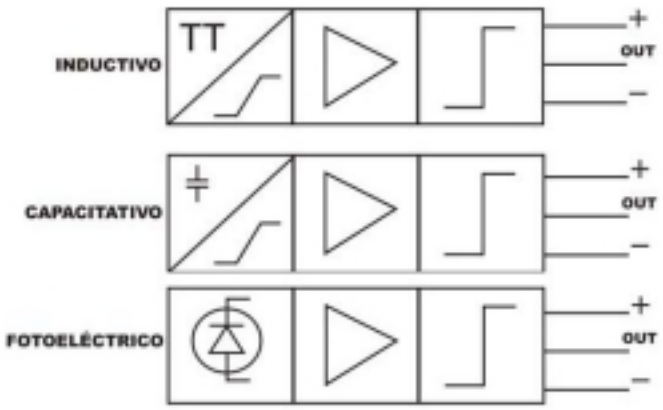


Figura 8 DETECTORES DE TRES HILOS, CORRIENTE CONTINUA

En la industria también se emplean otros tipos de sensores o detectores como los representados en figura 8 y 9. Estos sensores a su vez tienen dos tipos de salidas normalizadas: **PNP** o **NPN**.

Figura 9 VISTAS DE DISTINTOS TIPOS DE DETECTORES

La forma de conectarlos a los módulos de entrada todo nada se indica en la figura 10; obsérvese que la conexión del tipo **NPN** requiere un módulo de entrada con el positivo de alimentación conectado a masa.

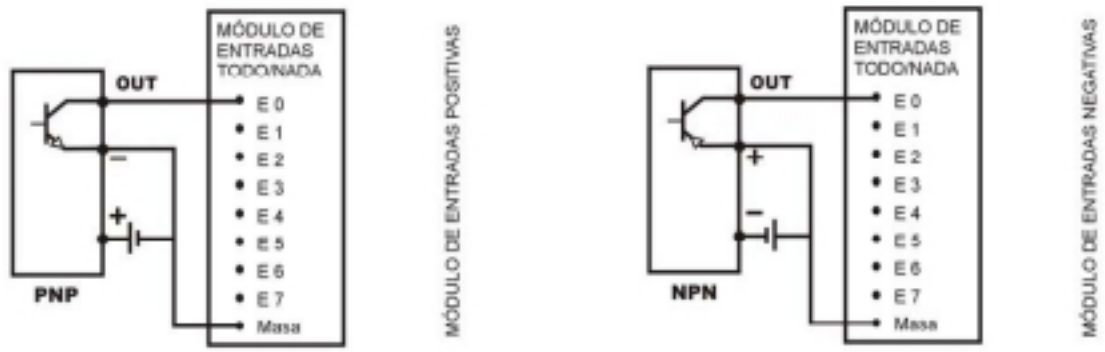


Figura 10 MÓDULOS DE ENTRADAS POSITIVAS NEGATIVAS

Las salidas todo nada del autómata **se comportan como interruptores** que controlan la activación desactivación de los actuadores a ella conectados, como por ejemplo, un contactor que controla a un motor de c.a. o la bobina que controla el regulador de un cilindro neumático. El dispositivo que actúa como interruptor puede ser:

Un contacto libre de potencial, cuando se emplea salida a relé (figura 11). En este tipo de salidas la tensión empleada **para alimentar al actuador puede ser alterna o continua** y la potencia a controlar estará limitada por la intensidad de paso que soporte el contacto libre de potencial.

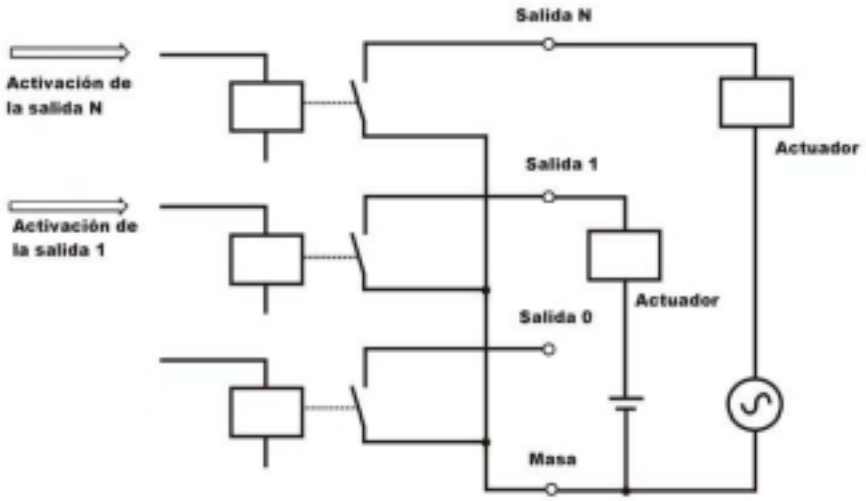


Figura 11 MODULO DE SALIDAS TODO NADA A RELÉ.

Un transistor, como se muestra en la figura 12. **La tensión empleada para alimentar al actuador tendrá que ser continua**; la potencia a controlar vendrá dada por la potencia máxima que disipa el transistor.

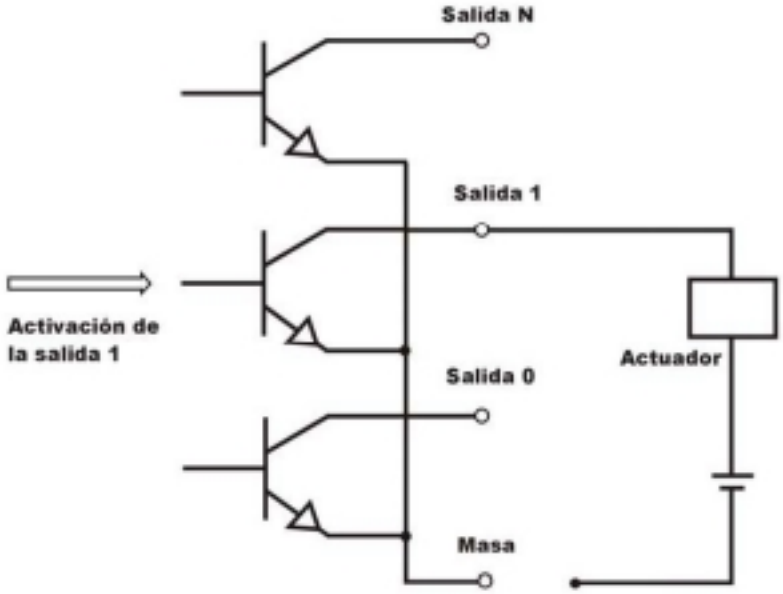


Figura 12 MÓDULO DE SALIDAS TODO NADA A TRANSISTOR.

Un triac como se muestra en figura 13. **La tensión empleada para alimentar al triac ha de ser alterna**; la potencia a controlar viene dada por la máxima potencia que puede disipar el triac.

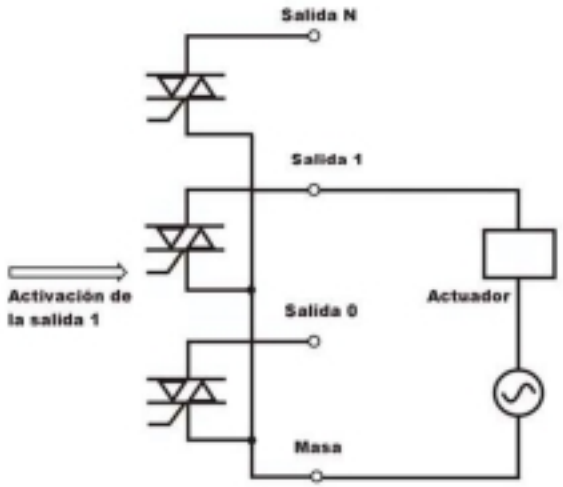


Figura 13 MÓDULO DE SALIDAS TODO NADA A TRIAC

Dependiendo del fabricante del autómata, se poden encontrar para salidas todo nada la disposición indicada en las figuras 11, 12 y 13; o bien, salidas, donde no existe un terminal común para todos los dispositivos que actúan como interruptores, disponiendo cada uno de ellos de dos salidas independientes, entre los que conectarán en serie la tensión de alimentación y el actuador. Esta última disposición permite que cada uno de los dispositivos pueda estar controlado por una tensión independiente.

Las entradas analógicas del autómata, como se ha comentado anteriormente, son de dos tipos: entradas de corriente que trabajan con intensidades comprendidas entre **4 y 20 mA**, o entradas de tensión que trabajan con tensiones comprendidas entre **0 y 10** . Por tanto, **para medir una magnitud analógica** (figura 14), es necesario utilizar alguno de los diferentes tipos de **transductores** existentes en el mercado, que da una señal de tensión o corriente proporcional a la magnitud a medir y comprendida en el margen de **4 20 mA** o **0 10** .

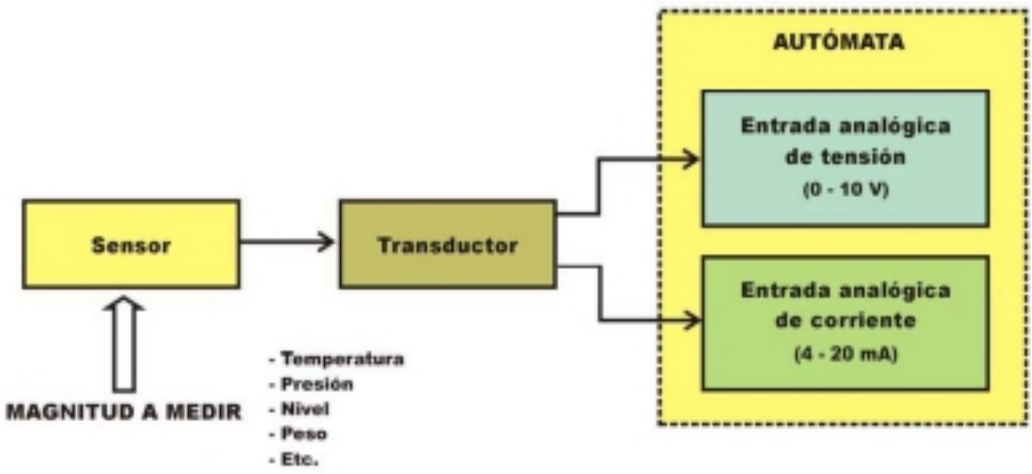


Figura 14 CONEXIÓN DE UNA ENTRADA ANALÓGICA AL AUTÓMATA

Las salidas analógicas del autómata también son de dos tipos: **tensión** o **corriente**, por tanto: el actuador que se pretende controlar con ellas (figura 15), tendrá que disponer de una entrada de tensión o corriente que permita una señal de entrada comprendida entre **0 10** o **4 20 mA**.

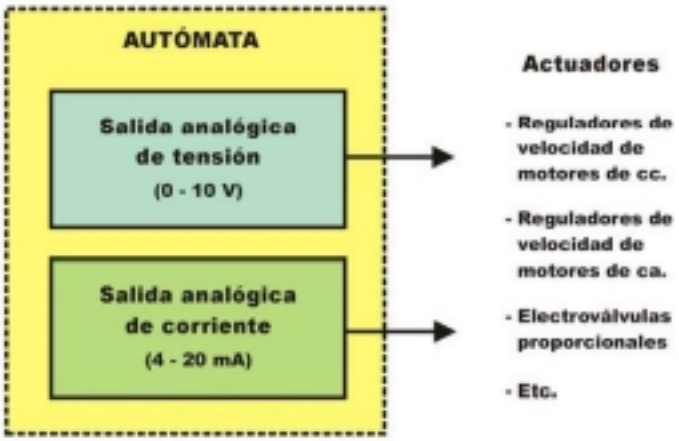


Figura 15 CONEXIÓN DE SALIDA ANALÓGICA DEL AUTÓMATA

4. PRO RAMACIÓN DE AUTÓMATAS.

El sistema de programación, **programadora** u **ordenador compatible** permite, mediante las instrucciones del autómata, **confeccionar el programa de usuario**; **posteriormente se transfiere a la memoria de programa de usuario**. Una memoria típica permite almacenar como mínimo hasta **mil instrucciones con datos de bit**, y es **de tipo lectura escritura**, permitiendo la modificación del programa tantas veces como sea necesario; **tiene una batería tampón para mantener el programa si falla la tensión de alimentación**, o **cartuchos de memoria EPROM**.

La programación de un autómata ***consiste en el establecimiento de una sucesión ordenada de instrucciones que están disponibles en el sistema de programación y que resuelven el control sobre un proceso determinado***. No existe una descripción única para cada lenguaje, sino que **cada fabricante utiliza una denominación particular para las diferentes instrucciones y una configuración también particular** para representar las distintas variables externas o internas.

No obstante, los **lenguajes de programación más empleados en la actualidad pueden incluirse en alguno de los dos grupos siguientes**:

Lenguaje en **lista de instrucciones**.

Lenguaje en **esquema de contactos**.

5. LEN UA E EN LISTA DE INSTRUCCIONES.

Un lenguaje en lista de instrucciones consiste en un ***conjunto de códigos simbólicos, cada uno de los cuales corresponde a una instrucción***; **cada fabricante utiliza sus propios códigos y una nomenclatura distinta para nombrar las variables del sistema**.

El lenguaje en lista de instrucciones **es similar al lenguaje ensamblador utilizado en los microprocesadores**.

Por ejemplo la función lógica de la figura 16, programada en lista de instrucciones para dos autómatas comerciales diferentes **TSX 17 Telemecanique** y **S7 200 Siemens** , sería:

Autómata TSX 17 Telemecanique

0	LN	I0,01
1	A	I0,02
2	O	I0,03
3	=	O0,03

Autómata S7 - 200 Siemens

0	LDN	E0.1
1	U	E0.2
2	O	E0.3
3	0	A0.1

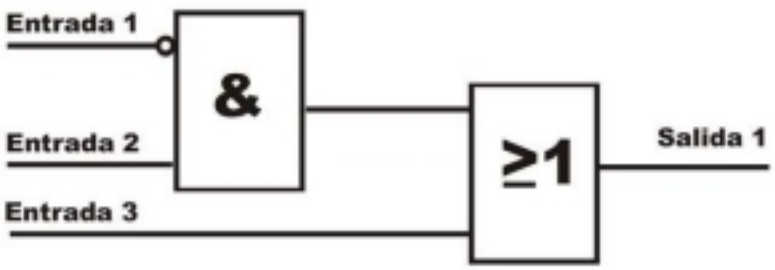


Figura 16 E EMPLO DE FUNCIÓN LÓGICA.

6. LEN UA E EN ES UEMA DE CONTACTOS.

Es un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés, que mediante símbolos representa contactos, solenoide, etc. **Su principal ventaja es que los símbolos básicos figura 17 están normalizados seg n norma NEMA y son empleados por todos los fabricantes. Los símbolos básicos empleados son:**

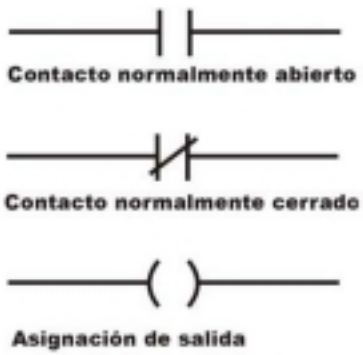


Figura 17 SÍMBOLOS BÁSICOS USADOS EN LOS ES UEMAS DE CONTACTOS.

Los elementos básicos que configuran la función, se representan entre **dos líneas verticales que simbolizan las líneas de alimentación.**

La función de la figura 16 quedaría, empleando el lenguaje de relés, como se muestra en la figura 18.

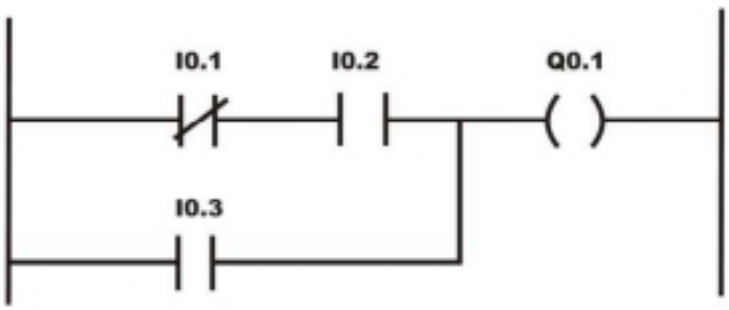


Figura 18 E EMPLO REPRESENTADO EN ES UEMA DE CONTACTOS.

Para las funciones lógicas más complejas (módulos de programación) como temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, etc., **se emplea el formato de bloques. Estos no están normalizados aunque guardan una gran similitud entre sí para distintos fabricantes** y resultan mucho más expresivos que si se utiliza para el mismo fin el lenguaje en lista de instrucciones.

El lenguaje de contactos necesita sistemas de programación relativamente complejos, que visualicen varias líneas de programa en pantalla. Si sólo se dispone de un sistema básico, **se puede programar teóricamente en esquema de contactos y posteriormente transcribirlo a lista de instrucciones**.

7. INSTRUCCIONES DE PRO RAMACIÓN.

De lo expuesto anteriormente, se deduce que el autómata programable, es un sistema con lenguajes de programación e instrucciones muy especializados y orientados a la automatización. **Una descripción de las distintas instrucciones que soporta un autómata programable los lenguajes en los que se puede programar y la nomenclaturas asignadas a las variables que intervienen en la instrucción pueden obtenerse del manual del autómata a utilizar que edita el fabricante**.

No obstante, para tener **una idea resumida de las instrucciones existentes** en un autómata programable. Las instrucciones más comunes, que pueden encontrarse en autómata de gama media, se puede clasificar en:

Instrucciones lógicas. Funciones lógicas básica **AND**, **OR**, **NOT**, **XOR**, **SET**, **RESET**.

Instrucciones de módulos de programación. Temporizadores, **contadores**, **registros de desplazamiento**, **programadores cíclicos**, **comparadores**, etc.

Instrucciones de control. Control de marcha, **condiciones de rearranque**, **forzado de activación de etapas**, **inhibición de salidas**, **saltos condicionales**.

Instrucciones matemáticas. Suma, **resta**, **multiplicación**, **división** (normalmente **el bus de datos** de los microprocesadores empleados es de **8 bits**; **el valor máximo con el que pueden operar es de 256 en decimal** y **no admiten n meros negativos**).

Instrucciones de comparación. Comparación de bits o de byte, **funciones de igualdad** y **mayor que en los contadores** y **temporizadores**.

Instrucciones de traslación. Traslación de **datos entre posiciones de memoria**, desde la memoria a consigna de módulos de programación.

Instrucciones de conversión de códigos. Los datos de bytes pueden presentarse en decimal o en **BCD**.

8. CICLO DE PRO RAMA.

Básicamente todos los autómatas tienen **dos modos de funcionamiento** (figura 19).El primero de ellos **STOP** (**PRO RAM** en otros autómatas), **permite programar y transferir el programa de usuario desde el sistema de programación utilizado al autómata**; el segundo modo (**RUN**) **permite al autómata controlar el proceso**, realizando de forma continua el ciclo de programa de usuario.

Un autómata típico puede leer **mil instrucciones de programa en 6 ms** y emplea **de 5 a 10 ms en leer y actualizar las variables**; por tanto, puede emplearse para controlar procesos relativamente rápidos. La suma del tiempo de programa más el tiempo de actualizado y lectura de variables proporciona el tiempo de ciclo, para que pueda realizarse el control sobre un proceso será necesario que se cumpla:

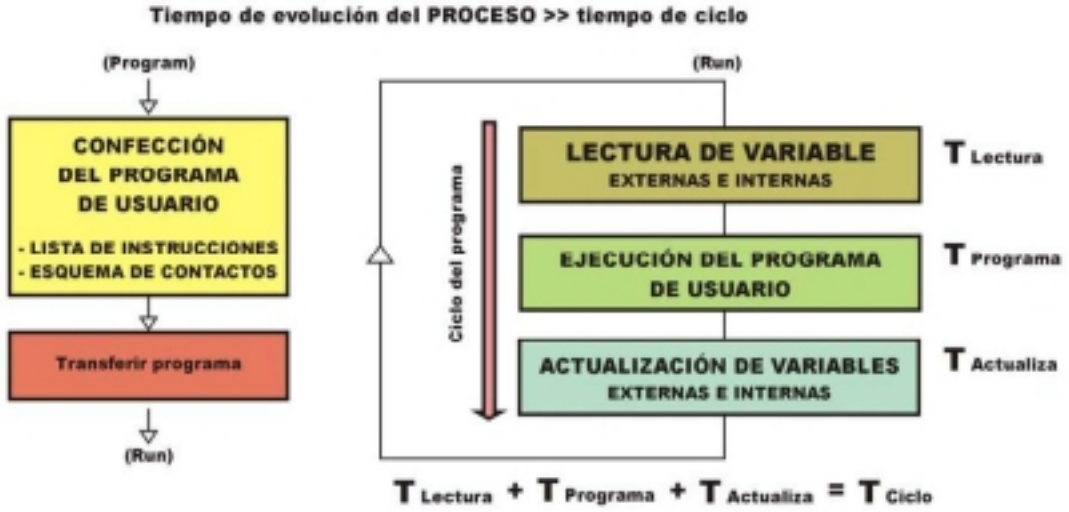


Figura 19 CICLOS DE PROGRAMA DE UN AUTÓMATA

9. EL AUTÓMATA TSX 17.

Este autómata de la **gama TSX 17** es de la marca comercial **Telemacanique**. Es un micro autómata compacto con posibilidad de módulos de extensión y que permite la programación en lista de instrucciones de los lenguajes **Booleano** (basado en el álgebra binaria de Boole). Dispone de una **memoria RAM de 24 octetos** (**2.973** líneas de programa).

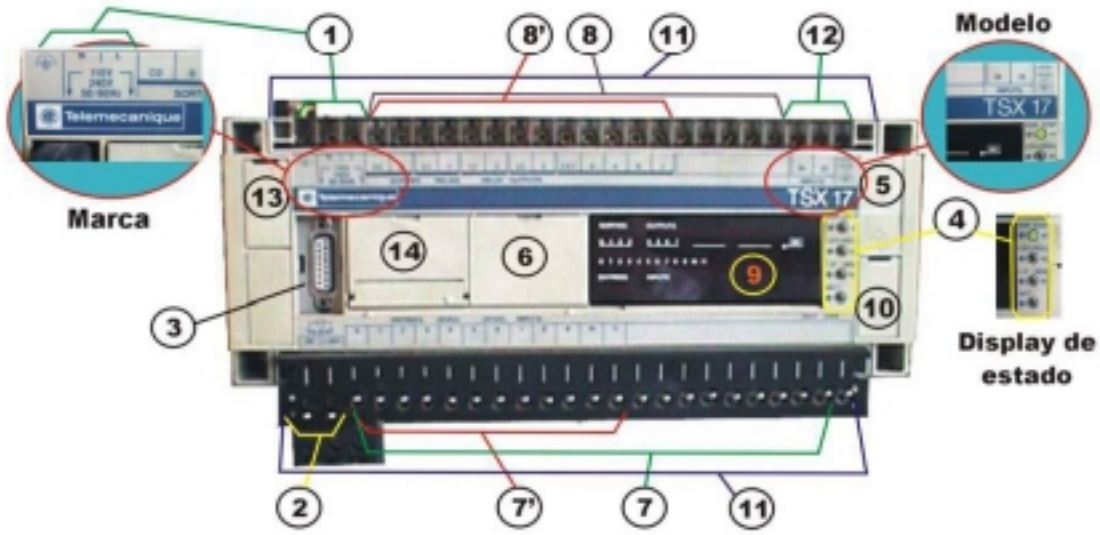


Figura 20 AUTÓMATA PROGRAMABLE TELEMECANI UE MODELO TSX 17

10. DESCRIPCIÓN DEL MICRO AUTÓMATA TSX 17.

En la figura 20, puede verse el aspecto externo del micro autómata TSX 17 20, del que a continuación se da una descripción detallada de cada una de sus partes:

1. Alimentación **110 a 240 ca** en acometida.

2. Alimentación para captadores a **24 cc. 250 mA**, incorporada en el autómata.

3. **Toma terminal de programación** de la unidad central.

4. **Display de visualización de estados**. Los auto test efectuados permanentemente por los autómatas de base da una información visualizada en la cara frontal por 4 pilotos (figura 21).

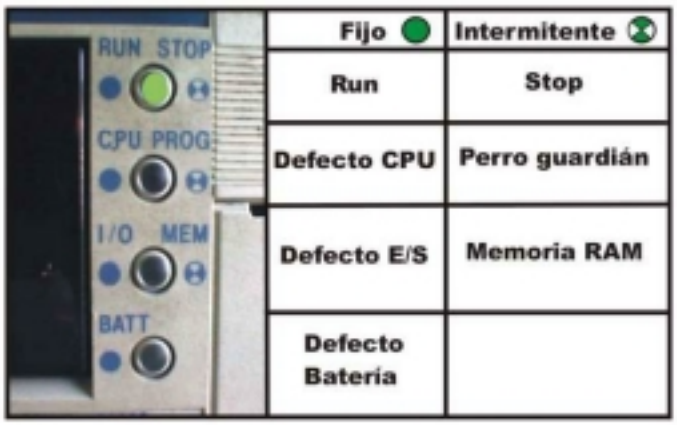


Figura 21 DISPLA DE VISUALIZACIÓN DE LOS ESTADOS DEL AUTÓMATA.

5. Situación de la batería tampón (duración de dos años).

6. Alojamiento para cartucho de memoria EEPROM, que mantiene el programa de usuario permanentemente 24 o 8 octeto (similar a figura 24).

7. Entradas a 24 cc aisladas.

8. Salidas a relé.

9. Panel de visualizados del estado de las entradas y salidas (figura 22).

Figura 22 VISUALIZACIÓN DEL PANEL DE E S

10. Conector (9 puntos) para extensión del bus de entrada salida (E S).

11. Bornero desenchufable con tornillos protegidos.

12. Entradas rápidas de **24 cc**.

13. Conector para entradas de contaje y puesta a cero (**5 24 cc**) del contador temporizador rápido (contador **2 Hz**).

14. Alojamiento para cartucho de lenguaje superior (figura 23).

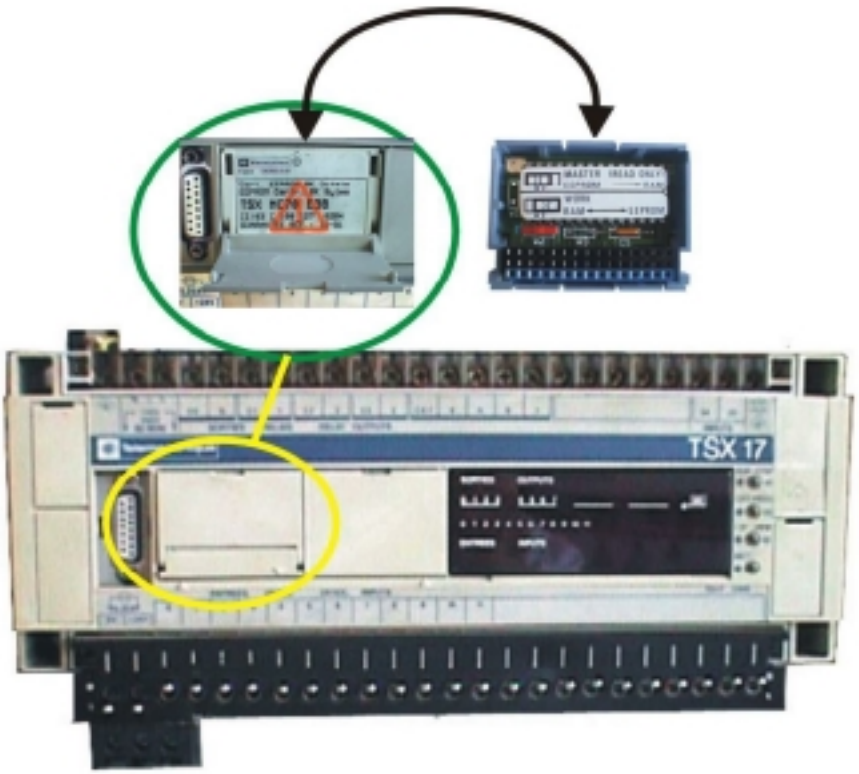


Figura 23 Memoria extraible de lenguaje superior

Entradas salidas específicas.

En el autómata de base TSX 17, **la entrada I0 00** y **la salida O0 00** se pueden programar cada una, con una función específica, a través del modo de configuración.

Entrada RUN STOP: I0 00

Normal: Funcionamiento idéntico al de cualquier otra entrada todo nada del autómata.

Run Stop R S :

En estado **1** esta entrada pone el autómata en RUN.

En estado **0** esta entrada pone el autómata en STOP.

La entrada física de mando **STOP tiene prioridad sobre el mando RUN** de un terminal conectado al autómata.

Salida SECU: O0 00

Normal: Funcionamiento idéntico a cualquier otra salida todo nada del autómata base.

Secu:

- En estado **1** cuando el autómata está en RUN y sin defecto.
- En estado **0** si el autómata está en STOP o en RUN con presencia de defecto.

La salida O0 00 se utiliza en los circuitos en seguridad externos al autómata.

Lectura de los pilotos de la cara frontal del autómata.

Los defectos que se manifiestan en los pilotos de la cara frontal del autómata (figura 21) tienen distinto origen. En el cuadro 1 se puede ver las causas probables de estos fallos y la forma de corregirlos.

Autómata de base	Significación	Causa probable y acción correctiva
Piloto RUN/STOP		
○	Autómata sin tensión	
⊠	Autómata Stop	Estado deseado (mandado por I0,00 o terminal) o estado ocasionado por un defecto
●	Autómata Run	Estado normal
Piloto CPU/PROG		
○	Funcionamiento normal	Error de programación debido a utilización excesiva del JUMP en bluques de programa Verificar y modificar programa
⊠	Disparo del perro guardián (150 ms). Provoca Stop AP	Defecto de cartucho o autómata. Sustituir el elemento defectuoso
●	Defecto procesado	
Piloto I/0 / MEM		
○	Funcionamiento normal	-Verificar el estado de la pila -Inicianizar memoria por el terminal para un borrado completo (Clear Memory, CLM) -Configuración programada no conforme con la configuración matarial -Cable de unión mal conectado o defectuaoso -Ausencia de tapón fin de línea en el último módulo de ampliación -Ausencia de tensión 24 V CC en los captadores (sobrecarga I 250 mA) -Defecto de los circuitos de E/S. Sustituir el autómata
⊠	Memoria autómata no inicializada: memoria virgen (1ª puesta en tensión) o rebasada la autonomía de salvaguardia	
●	Defecto entradas salidas (*)	
Piloto BATT		
●	Sin pila o defectuaosa	
Bloques y módulos de extensión		
Piloto I/0		
⊠	Defecto de intercambio entradas/salidas (*)	Ídem a 2ª y 3ª causa probable defectos entradas/salidas

○ Apagado ⊠ Intermietente ● Encendido fijo

(*) Después de la acción correctiva, si persiste el defecto provocar una inicialización del programa (INIT a partir del terminal de programación)

CUADRO 1. DEFECTOS INDICADOS POR LOS PILOTOS DE LA CARA FRONTAL DEL AUTÓMATA.

Memorización del programa y de los datos.

El programa de usuario y los datos están contenidos en la **memoria RAM** del autómata. Esta memoria tiene una **autonomía de 1 hora**. **Para alcanzar una autonomía de 2 años hay que poner una pila tampón.**

El programa usuario puede transferirse a una **memoria EEPROM**, memoria permanente (Figura 23). Esta memoria no es obligatoria pero sí aconsejable. **Con ella se evita el riesgo de alteraciones del programa escrito en memoria RAM en el caso de defecto en la pila o en la red de alimentación.**

A la puesta en tensión, el autómata verifica la conformidad de los programas RAM y EEPROM. **En caso de no conformidad el programa contenido en la memoria EEPROM es automáticamente transferido a la RAM.**

El terminal de programación.

En la figura 24 se ilustra **el terminal TSX T317**, útil de programación y de reglaje del autómata TSX 17.

Cuenta con cable de conexión al autómata del **tipo RS 232 C**. Otro conector para enlace con impresora (edición de programas) y magnetófono (audio). Además de una pantalla alfanumérica de 2 líneas de 16 caracteres cada una.

Figura 24 AUTÓMATA TERMINAL TSX T317

Las cinco teclas superiores de color azul (figura 25) son multifunciones, dinámicas o códigos de operaciones según el contenido de la línea inferior de la pantalla.

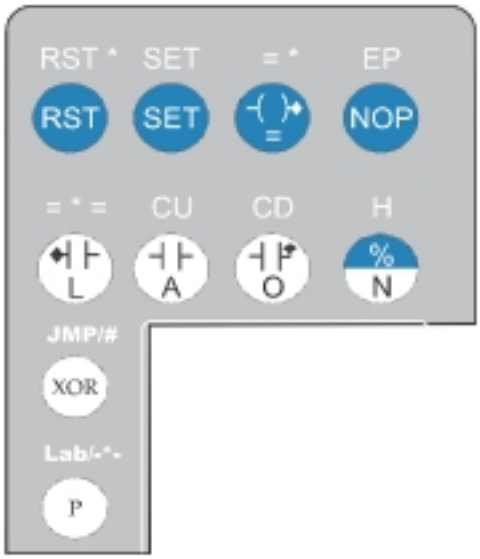


Figura 25 TECLAS DE CÓDIGOS DE OPERACIONES

Teclas de códigos de operaciones: Estas teclas aparecen en la figura 25.

1 acción: marcado interior.

2 acción: primer marcado superior (equivalente a **Shift** tecla).

3 acción: segundo marcado superior si existe.

Teclas de operandos y numéricas: Estas teclas se pueden ver en la figura 26. Hay que seleccionar el tipo de operando y su número después del código de operación.

1 acción: acceso directo al operando (marcado superior). Para el segundo marcado si existe, asociar **Shift** con la tecla.

2 acción (y otras)**:** marcado inferior de la tecla (valor numérico).

La tecla **UN** está inutilizada.

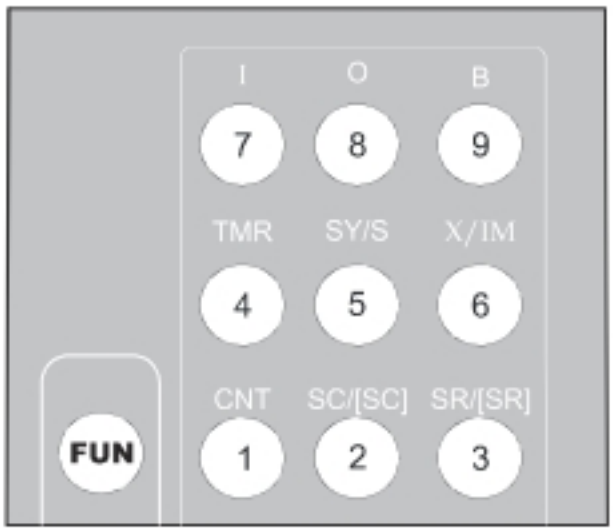


Figura 26 TECLAS DE OPERANDO NUMÉRICAS DE LA TSX T317.

Teclas especificas: En la figura 27 pueden verse estas teclas.

Enter: valida el contenido intermitente de la pantalla, confirma una función, lectura del elemento siguiente (línea o función).

Clear: abandono de la función.

uit: abandono del modo.

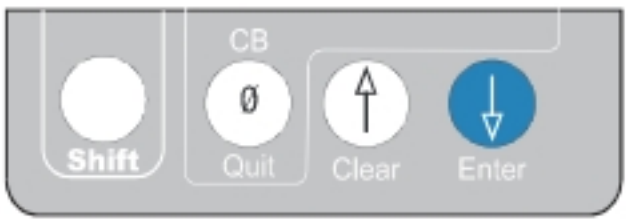


Figura 27 TECLAS ESPECÍFICAS

Clear y **uit** tienen varias funciones, en algún caso será necesario utilizarlas con la tecla **Shift**. La tecla **CB** está inutilizada.

NOTA: En algunos terminales de programación, las teclas azules **S** y **R**, pueden aparecer como **SET** y **RST** respectivamente.

11. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL SIMATIC S7 200 Siemens

La **gama S7 200** es una familia de pequeños y compactos micro autómatas programables y de módulos de extensión que pueden utilizarse para toda una variedad de aplicaciones de programación.

Este **PLC** tiene **8 entradas** (**24 cc**) y **6 salidas** a relé, **pudiendo ampliarse** hasta un total de **30 E S**.

El bloque central S7 200 incluye la unidad central de procesamiento, la fuente de alimentación así como las E S digitales (todo nada). Los módulos de extensión incorporan E S adicionales, conectándose a la unidad básica mediante un conector de bus (Figura 28).

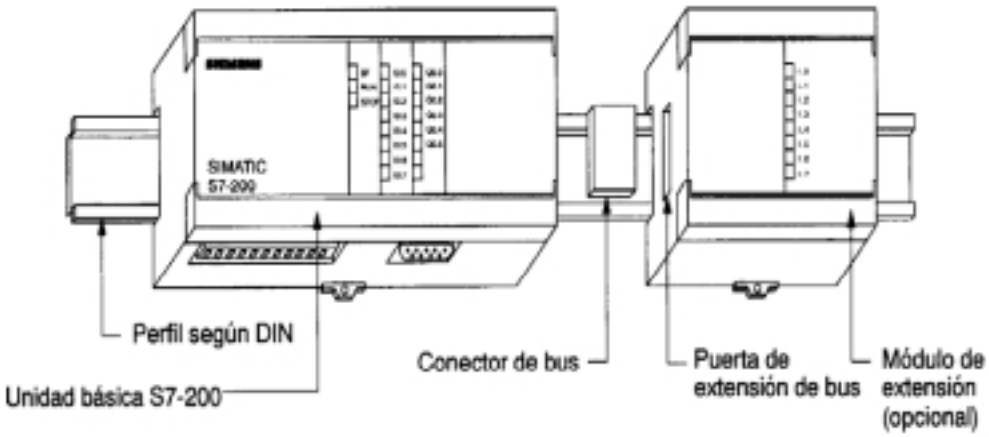


Figura 28. COMPONENTES DEL HARD ARE

- **Unidad central.** La unidad central es un autómata programable independiente que incluye la **CPU**, la fuente de alimentación y E S locales.
- **Módulo de extensión.** Gracias al módulo de extensión es posible agregar E S adicionales a la unidad central.
- **Conector de bus.** Este conector permite realizar una conexión adecuada al módulo de extensión (Figura 28).
- **Puerto de extensión de bus.** A través del puerto de extensión es posible conectar módulos de extensión adicionales.

- **ancho de retención.** El gancho de retención permite montar el S7 200 sobre un perfil estándar (DIN EN 50 022), según se aprecia en la figura 11 30. El gancho de retención se abre para permitir el montaje y se cierra para fijar la unidad al perfil.

- **Conector de cableado de campo.** El cableado de las E S, así como la alimentación de la unidad y la alimentación cc para sensores que van conectados a los conectores de cableado de campo.

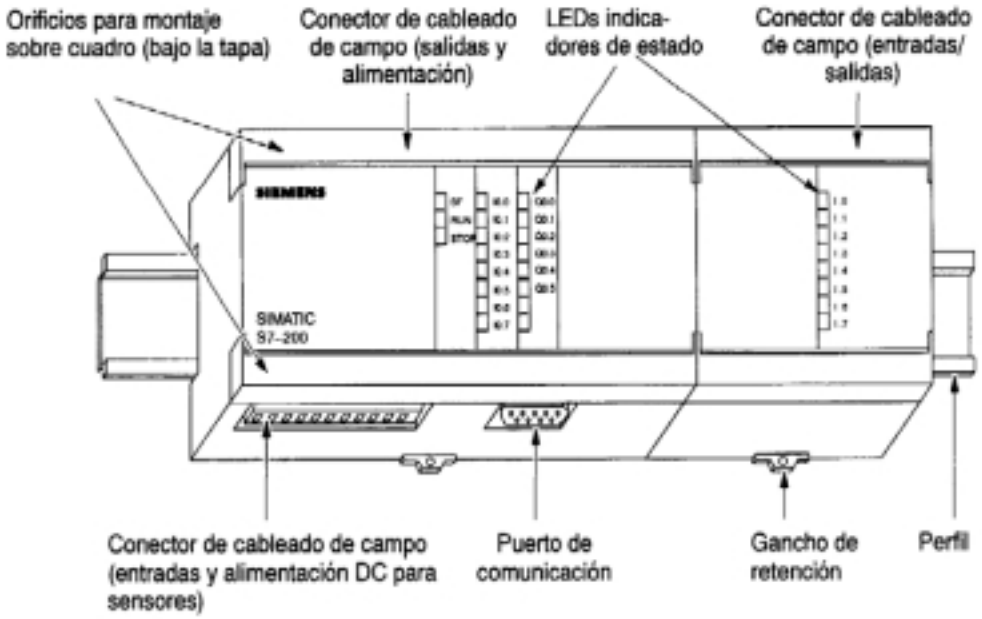


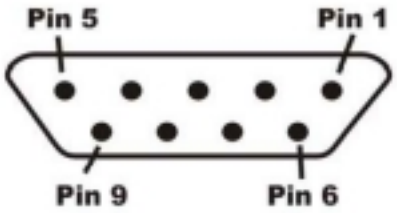
Figura 29 COMPONENTES ADICIONALES DEL HARD ARE

LEDs indicadores de estado. En la tabla 2 se ven los cinco tipos diferentes de LEDs indicadores del estado del PLC. Dichos indicadores describen tanto el estado actual de la unidad central como de las E S.

LED	Descripción
SF (rojo)	Indica error en sistema. Se enciende si el autómata ha incurrido en error grave.
RUN (verde)	Indica que está ejecutando el programa
STOP (amarillo)	Indica que está en Stop y que se ha interrumpido la ejecución del programa
IX.X (verde)	Indica el estado actual de la entrada
X.X (verde)	Indica el estado actual de la salida

Tabla 2 LENS INDICADORES DE ESTADO DEL SIMATIC S7200

Puerto de comunicación. Este PLC utiliza un conector subminiatura de 9 pines (Figura 30), al cual se conecta el cable de programación que une al ordenador personal con el autómata; o el cable de la programadora de mano.



Pin 1 = masa
Pin 2 = neutro 24 V DC
Pin 3 = transmitir/recibir
Pin 4 = reservado
Pin 5 = masa
Pin 6 = 5 V DC
Pin 7 = 24 V DC (120 mA max.)
Pin 8 = transmitir/recibir
Pin 9 = reservado

Figura 30 ASIGNACIÓN DE PINES DEL PUERTO DE COMUNICACIÓN.

- **Selector de modo.** Mediante el selector de modo es posible seleccionar el modo de operación del autómata programable. En la tabla 3 se describen los modos. En la figura 31 se puede observar la ubicación del selector.

Posición del interruptor	Descripción
RUN	Ejecuta el programa. El S7 200 puede abandonar el modo RUN y colocarse en modo STOP o en una condición de error, aun cuando el interruptor esté en posición RUN. Los LEDs de estado indican el modo actual
STOP	En STOP el autómata detiene la ejecución del programa. El autómata debe estar en modo STOP para poder editar el programa o para cargar un nuevo programa
TERM	En esta posición, la unidad de programación puede controlar las transiciones entre RUN y STOP

TABLA 3. POSICIONES DEL SELECTOR DE MODO DEL SIMATIC S7 200

- **Potenciómetro analógico.** Mediante el potenciómetro analógico es posible ajustar variables a las que el programa puede acceder para poderlas usar. El potenciómetro está situado bajo la tapa protectora según muestra la figura 31. El potenciómetro puede girarse mediante un destornillador pequeño 270 grados como máximo.

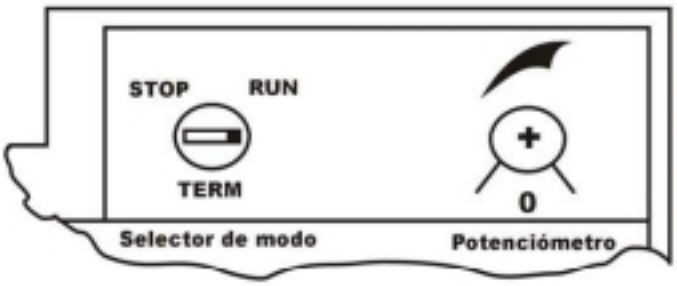


Figura 31 UBICACIÓN DEL SELECTOR DE MODO DEL POTENCIÓMETRO ANALÓGICO (BA O LA TAPA PROTECTORA).

- **Almacenamiento en memoria.** Este PLC **no requiere mantenimiento** alguno. Esto significa que el programa y los diversos parámetros prefijados, tales como contraseña, número de estación y algunos datos están almacenados permanentemente. Cierta cantidad de memoria de variables está asimismo almacenada permanentemente. Gracias a un condensador de alta capacidad, es posible guardar todos los datos remanentes del usuario (**50 horas** aproximadamente).

El S7 200 incluye un eficiente juego de instrucciones. A continuación se resumen las amplias **posibilidades de programación**:

Lógica de Boole (contactos y bobinas).

Operaciones lógicas de palabras.

Desplazar y rotar palabras y bits.

Transferir, preasignar y buscar datos.

Operaciones aritméticas (cuatro funciones) y de comparación.

Diversas conversiones de formatos (por ejemplo de binario a BCD).

Direccionamiento indirecto.

Bucles **OR NEXT**.

Llamadas a subrutinas.

Gran variedad de temporizadores y contadores.

- Operaciones rápidas (contadores e interrupciones).
- Ejecutar protocolos definidos por el usuario (modo Freeport).
- Funciones de verificación, incluyendo la posibilidad de forzar E S y bits internos de memoria.

El S7 200 puede **programarse utilizando una de las herramientas siguientes**:

Terminal de programación de mano (PG 702). **Solo permite la programación en lenguaje lista de instrucciones A L .**

Software de programación **STEP 7 Micro DOS**, **utilizando ordenadores personales.** Este paquete de programación permite programar el S7 200 en los **lenguajes de programación esquema de contactos OP o lista de instrucciones A L .**

Características del PLC.

Este autómata programables (S7 200 CPU 212) tiene las siguientes **características**:

- **512 palabras de memoria de programa** (almacenadas en memoria no volátil de lectura escritura).
- **512 palabras de memoria de datos** (100 de las cuales pueden almacenarse en memoria no volátil de lectura escritura).
- **8 entradas digitales** y **6 salidas digitales** integradas en la unidad central.
- **Ampliable a dos módulos de extensión** de E S adicionales (incluyendo módulos analógicos).
- Un total de **30 E S digitales posibles** (restringido por los módulos de extensión).
- **64 temporizadores** (dos temporizadores de resolución de 1ms, ocho temporizadores de 10ms y 54 de 100ms).

- **64 contadores combinables** discrecionalmente **para contar adelante atrás**.
- **128 marcas internas** (las primeras marcas pueden almacenarse en **EEPROM** tras cada desconexión).
- **386 marcas especiales**.
- **Cuatro operaciones aritméticas**.
- **Capacidad de interrupción:**

  Interrupciones de transmisión y emisión para protocolos definidos por el usuario (comunicación de programación libre).

  1 entrada de interrupción hardware en flancos crecientes o decrecientes.

  1 interrupción temporizada.

  1 contador rápido con 2 Hz de entrada de reloj.
- **Ejecución rápida de instrucciones** (1,3 s por instrucción).
- **Memoria de datos** respaldada por el condensador de alta capacidad 50 horas (no requiere pila).
- **Sistema de seguridad** a 3 niveles de contraseña.
- **1 potenciómetro** analógico incorporado.

Áreas de memoria.

La memoria del autómata programable está dividida en **tres áreas**:

Memoria de programa.

Memoria de datos.

Memoria de parámetros.

Memoria de programa.

La memoria de programa contiene las operaciones de esquema de contactos (**OP**) o de lista de instrucciones (**A L**) que ejecuta el autómata programable para la aplicación deseada. El programa también está almacenado en memoria no volátil (memoria de lectura escritura). Es decir, que el programa no se pierde ni en caso de interrumpirse la alimentación del autómata programable (desconectado y luego conectado), puesto que la unidad de memoria mantiene su contenido sin aplicar ningún tipo de alimentación (pilas incluidas). Por consiguiente, el PLC no necesita mantenimiento.

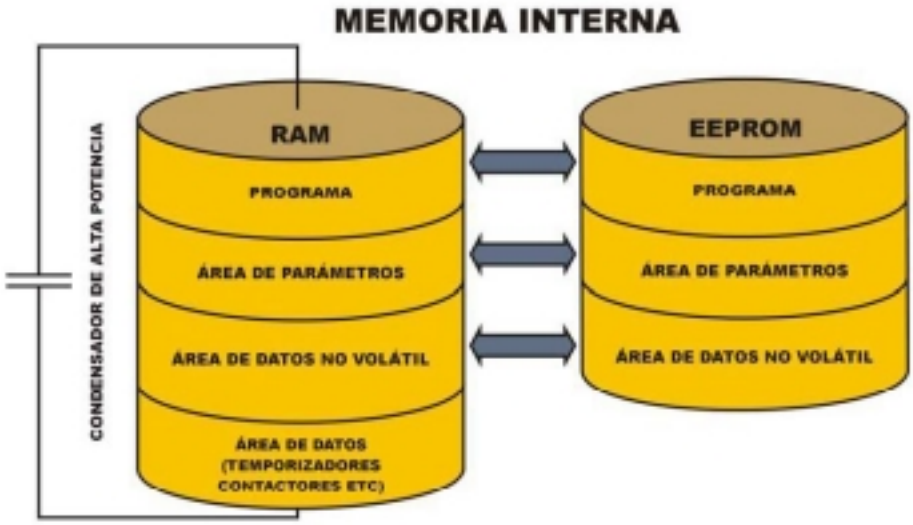


Figura 32 MEMORIA DEL S7 200.

Memoria de datos.

La memoria de datos es el área de trabajo a la que accede el programa de aplicación (también denominado programa de usuario). La memoria de datos contiene direcciones para cálculos, almacenamiento temporal de resultados intermedios y constantes utilizadas para recetas y otros parámetros de control fijos. El área de datos contiene además elementos especiales y objetos tales como temporizadores contadores y contadores rápidos, así como E S analógicas.

Una parte de este área está almacenada en una memoria no volátil de lectura escritura, por lo que no se pierden en caso de que se corte la alimentación. Así, las constantes y otras informaciones pueden alimentarse ilimitadamente en la memoria no volátil. Esta memoria tiene las mismas características que la memoria de programa.

Otra parte de la memoria de datos se encuentra en la memoria **RAM**. El contenido de la **RAM** se mantiene por un tiempo limitado incluso después de desconectar el autómata programable gracias al condensador de alta capacidad.

Memoria de parámetros.

La memoria de parámetros permite almacenar determinados parámetros configurables tales como contraseñas, dirección de estaciones e informaciones sobre las áreas remanentes. El contenido de este área está almacenado en una memoria no volátil que tiene las mismas características que la memoria de programa.

Estructura de programa.

Todos los programas tienen que encajar en la estructura del programa principal, al que le siguen subrutinas y rutinas de interrupción (Figura 33).

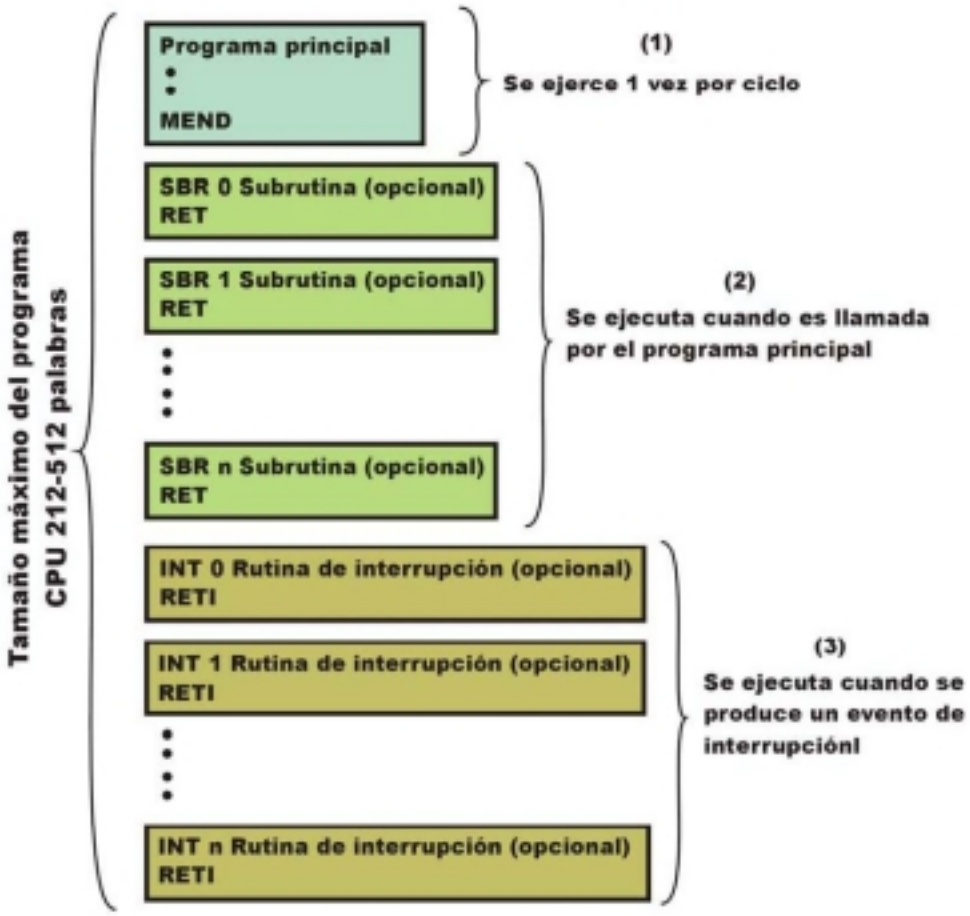


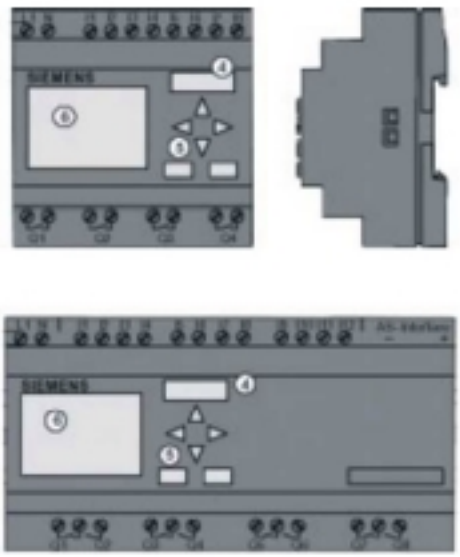
Figura 33 ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA.

- El programa principal se termina con la instrucción **MEND** (finalizar programa). Véase (1) en la figura 33.

- Las subrutinas son parte opcional del programa. Para poder usar subrutinas en los programas tiene que añadirse al final del programa principal, donde se encuentra la instrucción **MEND**. Véase (2) en la figura 33.

- Las rutinas de interrupción también son opcionales. Para poder utilizarlas hay que añadirlas al final del programa principal, detrás de la instrucción **MEND**. Véase (3) en la figura 33.

Agrupando al final del programa principal todas las subrutinas, seguida de todas las interrupciones, se obtiene un programa bien estructurado que resulta fácil de leer y comprender. Las interrupciones y las subrutinas pueden mezclarse a voluntad. (Figura 33).



Autómatas Siemens

El programa representado en la figura 34 muestra cómo programar una interrupción temporizada. Las interrupciones temporizadas se utilizan para leer el valor de una entrada analógica. El intervalo de muestreo de la entrada analógica es de 100 ms.

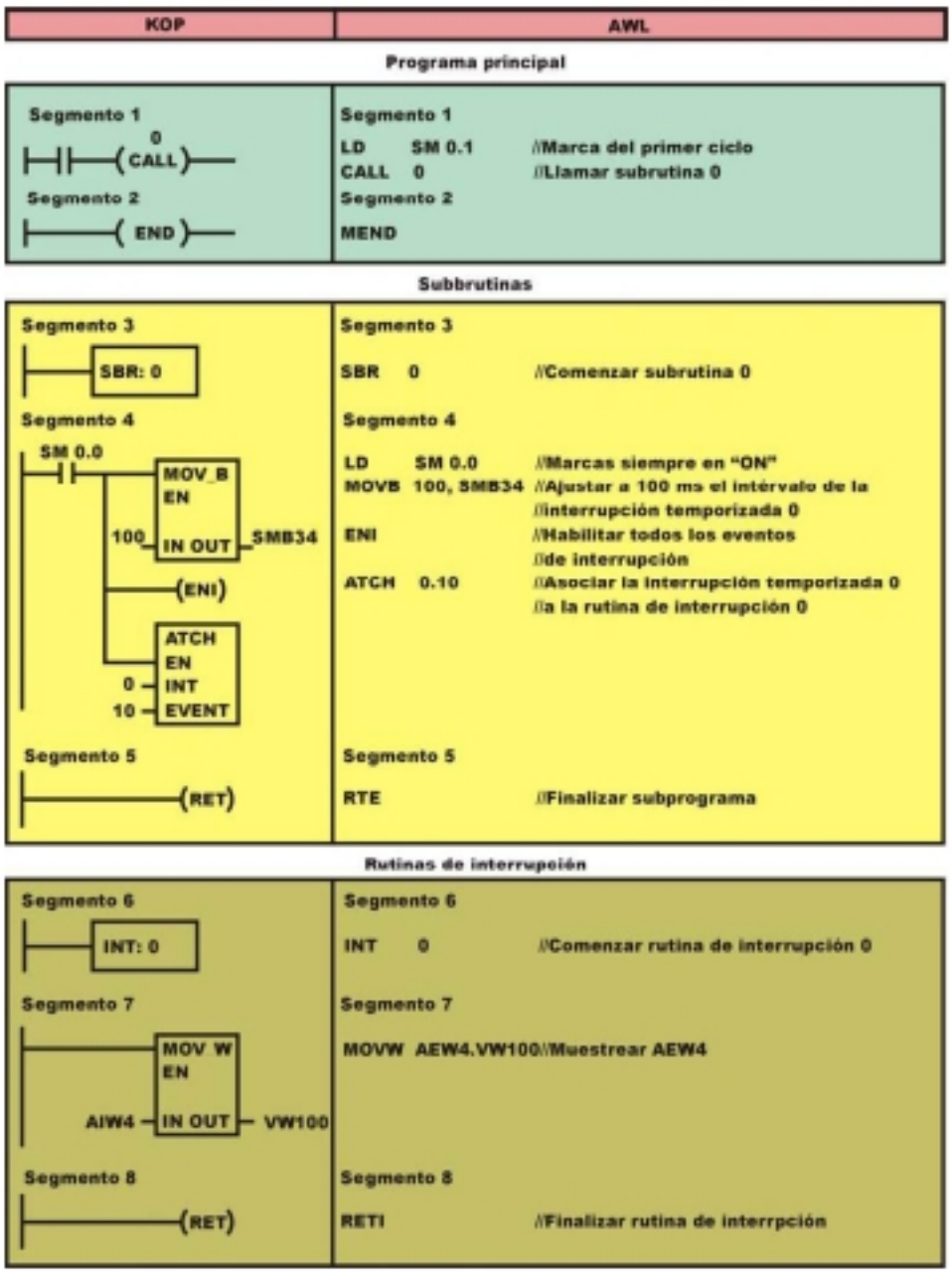


Figura 34 PROGRAMACIÓN DE UNA INTERRUPCIÓN TEMPORIZADA PARA LEER EL VALOR DE UNA ENTRADA ANALÓGICA.

Modos de operación del S7 200.

El **PLC** dispone de dos modos de operación: **STOP** y **RUN**. El modo de operación se elige **cambiando la posición del selector** **STOP TERM RUN** (ver figura 31). Si el selector se encuentra en posición **TERM** entonces se puede cambiar el modo de operación desde la unidad de programación, enviando un mensaje al autómata para que cambie de modo. El autómata pasa al estado **STOP** cuando el selector se encuentra en la posición **STOP** o **TERM** y se le aplica tensión. El modo **RUN** se activa cuando el selector se encuentra en la posición **RUN** y se le aplica tensión.

Para cargar el programa en la memoria de programa hay que pasar el autómata al modo **STOP**. En modo **STOP** se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Cargar el programa en la memoria del autómata programable.
- Visualizar una parte de la memoria del usuario (memoria de variables). La memoria de variables (memoria V) es parte de la memoria **RAM** y se puede acceder a la misma para operaciones de lectura escritura.
- Cargar datos en la memoria de variables.
- Configurar el autómata programable.

Para ejecutar el programa hay que pasar el autómata a modo **RUN**. En modo **RUN**:

- El autómata programable ejecuta el programa de usuario.
- El programa no se puede cargar en el autómata programable.

Ciclo de programa.

El programa se ejecuta cíclicamente. Un ciclo abarca las tareas siguientes:

- Leer entradas.
- Ejecutar el programa de usuario.
- Procesar peticiones de comunicación.
- Ejecutar tareas internas de diagnóstico.
- Escribir las salidas.

Figura 35 CICLO DE PROGRAMA.

Estas operaciones se ejecutan periódicamente en orden secuencial. Además se procesan las interrupciones de usuario habilitadas, según su prioridad y en el orden en que van apareciendo. El tratamiento de interrupciones se ejecutan de forma asíncrona al ciclo y en el orden en que ocurren los eventos. La figura 35 muestra los distintos pasos de un ciclo.

El autómata programable gestiona el ciclo y activa las tareas en el orden en que deben de ser ejecutadas.

Leer entradas.

Al principio del ciclo se leen los valores actuales de las entradas y luego se escriben en la imagen de proceso (parte de la memoria de datos).

Se dispone de 8 entradas (**E0 0** a **E0 7**) y 6 salidas (**A0 0** a **A0 5**). Sólo se utilizan seis de los ocho bits del primer byte de salida. Los bytes **E3** a **E7** y **A3** a **A7** no se pueden emplear como entradas y salidas físicas, pero pueden servir de marcas internas. Del mismo modo se puede usar como marca interna cualquier bit de los módulos de extensión que no se utilice.

En la tabla 4 puede verse un ejemplo de numeración de E S digitales y analógicas.

	Módulo 0	Módulo 1
CPU 212	8 In	8 Out
E0.0 A0.0 E0.1 A0.1 E0.2 A0.2 E0.3 A0.3 E0.4 A0.4 E0.5 A0.5 E0.6 E0.7	E1.0 E1.1 E1.2 E1.3 E1.4 E1.5 E1.6 E1.7	A1.0 A1.1 A1.2 A1.3 A1.4 A1.5 A1.6 A1.7
Imagen de proceso de E S que puede utilizarse como marcas internas (bit M):		
A0.6 A0.7	E2.0 . . . E7.7	A2.0 . . . A7.7

TABLA 4 E EMPLO DE NUMERACIÓN DE E S.

Ejecutar el programa de usuario.

El PLC ejecuta el programa desde la primera operación hasta la última (finalizar programa).

El control directo de las E S permite acceder directamente a las E S mientras se ejecuta el programa o la rutina de interrupción.

En caso de emplear interrupciones, los programas asociados a los eventos de interrupción se almacenan como parte del programa principal. Sin embargo, las rutinas de interrupción no se ejecutan como parte del ciclo sino cuando ocurre el evento (en cualquier lugar del programa).

Procesar mensajes.

Durante esta fase del ciclo, el autómata programable procesa los mensajes que recibe por el puerto de comunicación.

Ejecutar diagnósticos internos.

El diagnóstico interno comprueba periódicamente el buen funcionamiento del autómata programable, la memoria de programa y el estado de los módulos de E S.

Escribir salidas.

Al final del ciclo se escriben los valores de imagen de proceso de las salidas en los módulos de salida.

El autómata programable no actualiza automáticamente las E S analógicas durante el ciclo. El acceso a estas E S pueden hacerse directamente desde el programa. El PLC no dispone de imagen de proceso de E S analógicas.

Memoria de datos del S7 200.

La memoria de datos del S7 200 **se compone de área de datos y de objetos** (Fig. 36).

Figura 36 COMPARACIÓN DE LA MEMORIA DE DATOS.

El área de datos se divide en: una memoria de variables ( ), una imagen de proceso de entradas (**E**), una imagen de proceso de las salidas (**A**), marcas internas (**M**) y marcas especiales (**SM**). El área de datos es muy flexible, permitiendo acceso de lectura escritura a todas las áreas de memoria, a excepción de algunas marcas especiales que solo pueden leerse (Figura 37). El acceso a la memoria de datos completa se realiza en forma de bits, bytes, palabras o palabras dobles.

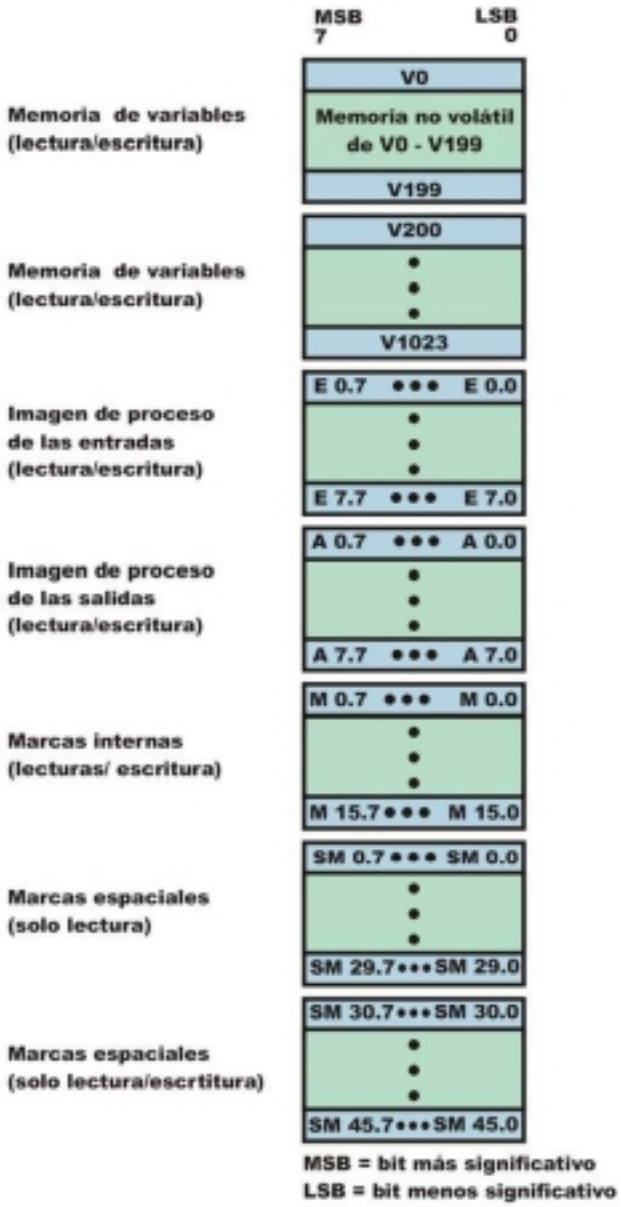


Figura 37 ÁREA DE DATOS.

Los objetos son direcciones asignadas a elementos como puede ser por ejemplo el valor de un temporizador. Los objetos abarcan: temporizadores (**T**), contadores (**Z**), entradas analógicas (**AE**), salidas analógicas (**AA**), acumuladores (**ACU**) y valores actuales de los contadores rápidos (**HC**). El acceso a los objetos está limitado, puesto que solamente se puede a acceder a ellos en función del uso que se les haya previsto. En la figura 37 y 38 se muestran las áreas de datos y objetos respectivamente.

Las E S analógicas así como los valores de los contadores rápidos (**HC**) se almacenan por lo general en elementos (módulos analógicos o contador rápido) más que en la memoria **RAM**. La memoria **RAM** provee espacio para las demás áreas de datos y objetos.

El condensador de alta capacidad que alimenta la memoria **RAM** se encarga de respaldar los datos por un tiempo determinado después de desconectar el autómata programable y sin necesidad de ningún tipo de mantenimiento adicional.

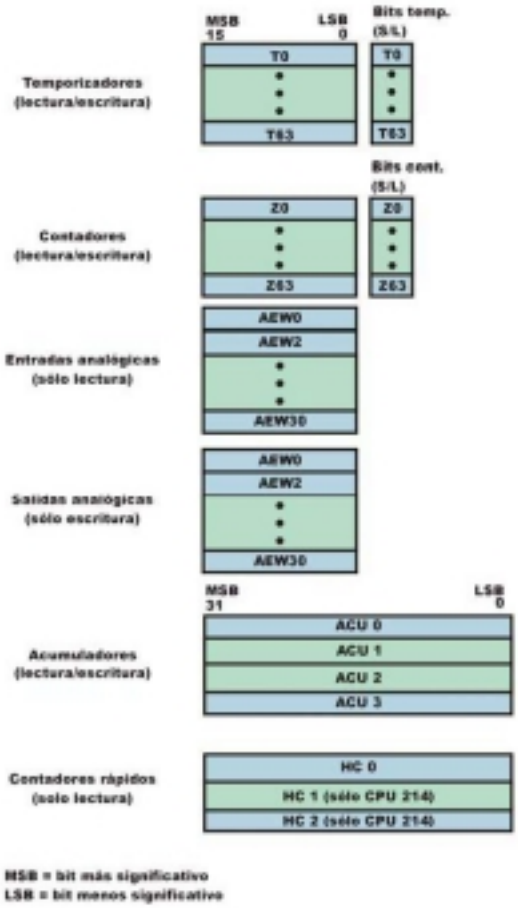


Figura 38. OB ETOS.

Se puede definir hasta seis áreas remanentes para elegir las áreas de memoria que deberán ser respaldadas cuando se interrumpa la alimentación. No todas las áreas de datos almacenadas en la memoria **RAM** pueden ser remanentes son M T (T0 a T31) y **C**. Para más información sobre como definir áreas remanentes, consultar el anexo D (software STEP 7 Micro DOS).

NOTA: Los bits de temporizadores no son remanentes, y se fijan solamente como resultado de la comparación entre el valor actual y el valor preseleccionado.

Área remanente	
Área remanente 0	V0 V1023
Área remanente 1	No utilizada
Área remanente 2	T0 T31
Área remanente 3	No utilizada
Área remanente 4	Z0 Z63
Área remanente 5	M0 M15

Tabla 5. A USTE POR DEFECTO DE ÁREAS REMANENTES

Para definir un área de remanente hay que indicar en la memoria un área de datos de a . Este área no se borrará al poner el S7 200 en marcha, a condición de que el condensador haya podido respaldar el contenido de la memoria **RAM**. En otro caso, se activa la marca Datos remanentes perdidos (**SM 0.2**), borrándose las restantes áreas remanentes junto con los datos de usuario no remanentes.

Memoria de variables

La memoria de variables consta de **1.024 bytes** de memoria de datos de escritura lectura. Es posible definir como memoria remanente toda la memoria de variables o una parte cualquiera de la misma. El condensador de alta capacidad conserva las áreas remanentes de la memoria de variables en caso de fallar la tensión.

El área de la memoria de variables que es cargada se denomina **DB1**. Se puede cargar y almacenar el **DB1** mediante operaciones de programación. El **DB1** empieza siempre por la dirección **0**, y puede abarcar hasta una dirección cualquiera (máxima **1023**) de la memoria de variables del PLC. A partir de **0**, se copia cierta parte del **DB1** (hasta **200 bytes**) en la **EEPROM** para su almacenamiento no volátil durante el proceso de carga. El valor de la memoria de variables es cargado por la unidad de programación. Para saber cómo almacenar y cargar el **DB1**, consultar el software de programación (anexo D).

El autómata S7 200 permite guardar en memoria no volátil un valor almacenado en 0 199, a través del programa de usuario. Es posible depositar en la memoria no volátil **EEPROM** cualquier valor (byte, palabra o palabra doble) situado entre las direcciones 0 199. Esta función de almacenamiento se implementa a través de marcas especiales (**SM**), independientemente si existe el **DB1** o no.

Para guardar un valor en memoria no volátil hay que proceder como se explica a continuación. La figura 39 muestra el formato de **SMB 31** y **SM 32**.

1) Cargar la dirección (0 a 199) del valor a almacenar en **SM 32**.

2) Cargar **SMB 31** con la orden de almacenar el valor.

3) Una vez cargada la orden de almacenar el valor, no se podrá modificar el valor en la memoria de variables hasta que no desactivemos la marca **SM 31.7**, indicando que la operación de memorización a terminado.

El PLC comprueba al final de cada ciclo si se ha emitido una orden de almacenar un valor en memoria no volátil. En caso afirmativo, se deposita el valor indicado en la memoria no volátil.

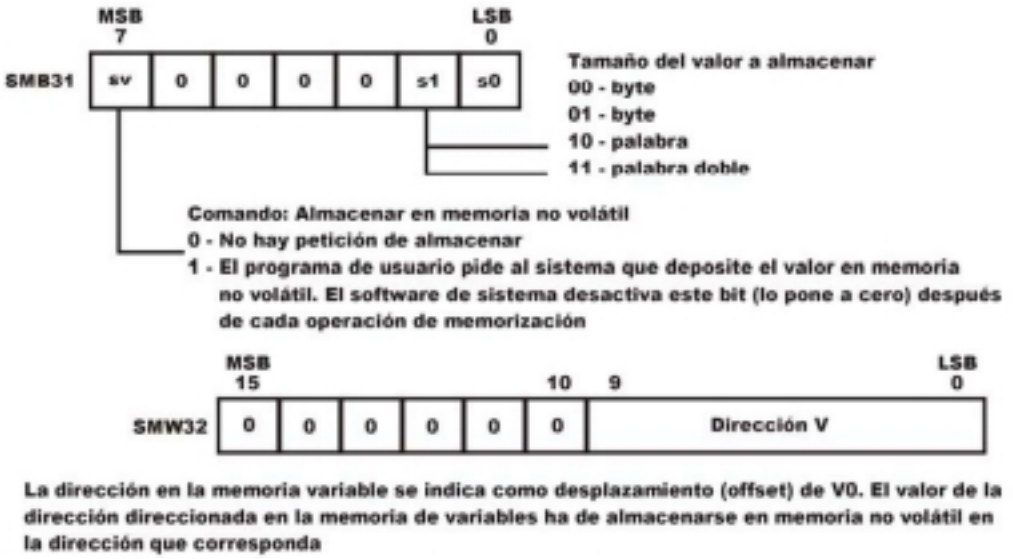


Figura 39 FORMATO DE **SMB 31 SM 32**.

Si los 6 bits más significativos de **SM 32** no están a cero no se ejecuta la operación de memorización. La marca de **SMB 31** se pone a cero, **SM 4.3** se pone a 1 (marca Error de tiempo de ejecución) y se emite un error de área tiempo de ejecución (código de error 94) con el valor de **SM 32** como dirección externa al área.

Del mismo modo, tampoco se ejecuta la operación de memorización cuando se desea almacenar una palabra o una palabra doble y uno de los bytes de este valor no se encuentra en el área de **0** a **199**. También en este caso se pone **SM 4.3** a 1 y el error de área tiempo de ejecución (código de error 91) es emitido con el valor de **SM 32** como dirección externa al área.

Puesto que el número de operaciones de memorización que pueden depositarse en la memoria no volátil es limitado (mín. 100.000, típ. 1.000.000), sólo deberá almacenarse valores realmente necesarios. De lo contrario puede sobrecargarse la memoria no volátil y fallar el autómata programable. Generalmente, las operaciones de memorización se ejecutan sólo cuando ocurre ciertos eventos, lo que no suele ocurrir con demasiada frecuencia.

Por ejemplo, si el tiempo de ciclo del S7 200 fuera de 50 ms y se almacenara un valor solamente una vez por ciclo, la memoria no volátil se llenaría por completo en 5.000 segundos, es decir, en menos de una hora y media (teniendo una vida típica de 50.000 segundos, es decir, menos de 14 horas). Por otro lado, si se almacenase dicho valor cada hora, la memoria no volátil podría utilizarse durante 11 años (alcanzando una vida típica de 114 años).

Si los datos que se desean almacenar ya se encuentran en la **EEPROM**, entonces no se ejecuta la operación de memorización. La operación de memorización prolonga generalmente el tiempo de ciclo unos 15 a 20 ms.

La operación de memorización puede llamarse programando las direcciones de las marcas especiales con la unidad de programación, con un panel de usuario, o bien por programa.

La función de almacenamiento controlada por el programa de usuario presenta las características siguientes:

- Si no existe el **DB1** al ser invocada la función de almacenamiento, no se genera el **DB1**.
- Si existe el **DB1** al ser invocada la función de almacenamiento, se sustituye el valor cargado originalmente en **DB1**.
- Las áreas no remanentes de la memoria de variables cuyos valores están almacenados en la **EEPROM** se copian en la memoria de variables cada vez que se conecta el autómata.
- Las áreas remanentes de la memoria de variables cuyos valores están almacenados en **EEPROM** se copian en la memoria de variables cada vez que se conecta en autómata, cuando no pueda conservarse el contenido de la memoria **RAM** mediante el condensador de alta capacidad.

Cada vez que se pone en marcha el PLC, comprueba la memoria **RAM** para saber si los datos aún son válidos. Si la **RAM** ha sido respaldada por el condensador de alta capacidad se copia en ésta la parte no remanente de la imagen del **DB1** que está almacenada en la memoria interna no volátil. Si la **RAM** no ha sido respaldada, entonces se copia en ésta una parte del **DB1** almacenada en la memoria interna no volátil.

El autómata programable restablece los datos no remanentes del **DB1** copiándolos en la **RAM** al poner el PLC en marcha. También se recuperan otros valores constantes, pero sólo cuando los datos no han sido almacenados (tras un corte de alimentación prolongado). Puesto que los datos almacenados en la memoria no volátil se restablecen copiándose en la memoria **RAM** al poner el autómata en marcha, todos los accesos del programa a estas direcciones son accesos a la memoria **RAM** y, por consiguiente, los datos de estas direcciones se pueden escribir y leer. Los nuevos valores escritos en **0** **199** no se copian en la memoria no volátil, y por tanto se pierden al copiarse el contenido de la memoria no volátil en la **RAM** en la siguiente puesta en marcha.

Imagen de proceso de entradas E y de salidas A

Al comenzar el ciclo, el PLC copia el estado de cada entrada (**E**) en la imagen del proceso de las entradas (ver figura 9), donde queda almacenado. También en cada ciclo escribe los valores de la imagen de proceso de las salidas en las salidas (**A**). Durante la ejecución del programa, los accesos a las entradas y salidas se efectúan generalmente a través de la imagen de proceso respectiva, en lugar de acceder directamente a ellas. El contenido de la imagen de proceso de las salidas se transfiere a las salidas después de ejecutarse el programa.

Las imágenes de proceso existen por tres razones:

- El sistema comprueba todas las entradas al comenzar el ciclo. De este modo se sincronizan y congelan los valores de estas entradas mientras dura la ejecución del programa. Las salidas son actualizadas por la imagen de proceso cuando termina de ejecutarse el programa. Todo esto tiene un efecto estabilizador en el sistema.

- El acceso a la imagen de proceso es mucho más rápido de lo que puede accederse directamente a las E S, con lo cual se acelera el tiempo de ejecución del programa.

- Las E S son unidades de bits a las que hay que acceder en formato de bits. Sin embargo, la imagen de proceso permite el formato de bits, bytes, palabras o palabras dobles, lo que ofrece flexibilidad adicional.

Otra ventaja es que las imágenes de proceso son lo suficientemente grandes para poder procesar el número máximo de E S. Puesto que un sistema real se compone de E S, en la imagen de proceso existe siempre un número de direcciones que no se utilizan. Estas direcciones libres pueden utilizarse como marcas internas adicionales.

El acceso a las E S se efectúa generalmente a través de las imágenes de proceso. Sin embargo, el control directo de las E S permite acceder directamente a una E S concreta.

- El acceso directo a una entrada no modifica la dirección correspondiente en la imagen de proceso de las entradas.
- El acceso directo a las salidas actualiza simultáneamente la dirección correspondiente en la imagen de proceso de las salidas.

Marcas internas M

Las marcas internas (**M**) o relés de control proveen espacios para almacenar resultados intermedios o informaciones de control. Si bien las marcas internas se utilizan generalmente como marcas, puede accederse a ellas en formato de bit, byte, palabra o palabra doble.

Si se define cómo remanente una dirección en el área de **MB0** a **MB13**, los respectivos valores son almacenados automáticamente en la **EEPROM** cada vez que se desconecta de la **CPU**. Cuando vuelve a conectarse ésta, son recuperadas de la **EEPROM** las direcciones definidas.

Marcas especiales SM

Las marcas especiales (**SM**) ponen a disposición una serie de funciones de estado y control que también sirven para cambiar informaciones entre el PLC y el programa.

Las marcas especiales disponen de áreas de solo lectura y de lectura escritura.

El área de solo lectura comienza en **SM 0** y va hasta **SM 29**. Estas leen solamente las marcas obteniendo diversas informaciones de estado. Las marcas de solo lectura son actualizadas por el autómata programable.

El área de lectura escritura comienza en **SM 30** y va hasta **SM 45**. Puede usar estas marcas para seleccionar y controlar funciones especiales tales como contadores de alta velocidad, modo Freeport, y salidas de impulsos. También se pueden usar estas marcas para acceder a valores ajustados por el usuario.

Temporizadores T

Los temporizadores son elementos que cuentan intervalos de tiempo. Los temporizadores del PLC tienen resoluciones (intervalos) de 1, 10, 100 ms. Disponiendo de 64 temporizadores. Donde se encuentra: **Temporizador de retardo a la conexión TON** y **Temporizador de retardo a la conexión con memoria TONR** .

Contadores Z

Los contadores son elementos que cuentan los cambios de 0 a 1 (flanco ascendente) en las entradas de contaje. La **CPU** dispone de 64 contadores. Hay dos tipos de conteo: **Contar adelante Z** y **Contar adelante atrás Z R .**

Entradas y salidas analógicas AE y AA .

Los módulos analógicos convierten valores reales (tensión, temperatura, presión, etc.) en valores digitales en formato de palabra y viceversa. Los módulos analógicos pueden ser de entradas, módulos de salidas, o bien de E S.

Acumuladores ACU

Los acumuladores son elementos de lectura escritura que se utilizan igual que una memoria. Se pueden utilizar para transferir parámetros no solo a subrutinas sino cualquier operación o cuadro (box) parametrizable. Cuando un evento de interrupción provoca un salto a una rutina de interrupción, el autómata programable almacena los valores que se encuentran en el acumulador justo antes de la rutina de interrupción. Los valores se restablecen al finalizar la ejecución de la rutina de interrupción. Los acumuladores se pueden utilizar mientras se ejecuta dicha rutina sin el riesgo de que se modifiquen datos del programa principal. Sin embargo, los acumuladores no permiten transferir parámetros entre el programa principal y una rutina de interrupción.

Contadores rápidos HC

Los contadores rápidos cuentan eventos más deprisa de lo que puede explorarlo el autómata. Los contadores rápidos disponen de un valor de contaje entero de 32 bits con signo (también llamado valor actual). En caso de acceder directamente al valor actual de un contador rápido, dicho valor permite un acceso de solo lectura. Para poder escribir en los valores actuales de los contadores rápidos existen funciones especiales.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 2
Equipos electrónicos de maniobra
y dispositivos de regulación y control

Tema 12
Control de proceso automatizado mediante autómata programable

Capítulo 12

Control de proceso automatizado mediante autómata programable

1. Conexión con el proceso 1
2. Control en lazo abierto 2
3. Control en lazo cerrado 3
4. Tipos de procesos iniciales 4
5. Proceso continuo 4
6. Proceso discreto 5
7. Proceso discontinuo por lotes 6
8. Controladores secuenciales 7
9. Controladores asíncronos 8
10. Controlador síncrono 9
11. Tipos de sistemas automáticos 10
12. Memorias 13

Capítulo 12

Control de proceso automatizado mediante autómata programable

1. CONEXIÓN CON EL PROCESO

La transformación de unas materias primas en un producto acabado se lleva a cabo mediante un proceso de fabricación (En adelante proceso). Todo **proceso** lleva un **sistema de control**, que actúa según las condiciones que los **sensores** indican (que pueden ser muy variadas, como posición temperatura, cantidad, etc.). El proceso se inicia con una **orden del operario** y puede acabar de forma autónoma o por nueva orden del operario, algunos procesos se programan para que se detengan en espera de que el operario vuelva a dar la orden de continuación, pero lo normal es que sean los sensores los encargados de ordenar la reanudación del proceso.

Cada actuación del proceso se ejecuta con los **Actuadores**, que suelen estar movidos por motores eléctricos, electroimanes, mecanismos mecánicos hidráulicos etc.

Todo proceso requiere un **control de actuación** para que se **inicie**, se **realice** y se **concluya**.

Hay dos formas básicas de realizar el control sobre un proceso industrial automatizado

- Control en **lazo abierto**
- Control en **lazo cerrado**

2. CONTROL EN LAZO ABIERTO

El control en lazo abierto, se caracteriza porque **la información o variables que controlan el proceso circulan en una sola dirección**, desde el sistema de control al proceso (figura 1).

En este tipo de sistema el control **no recibe la confirmación de que las acciones que se realizan a través de los actuadores se han ejecutado correctamente**.

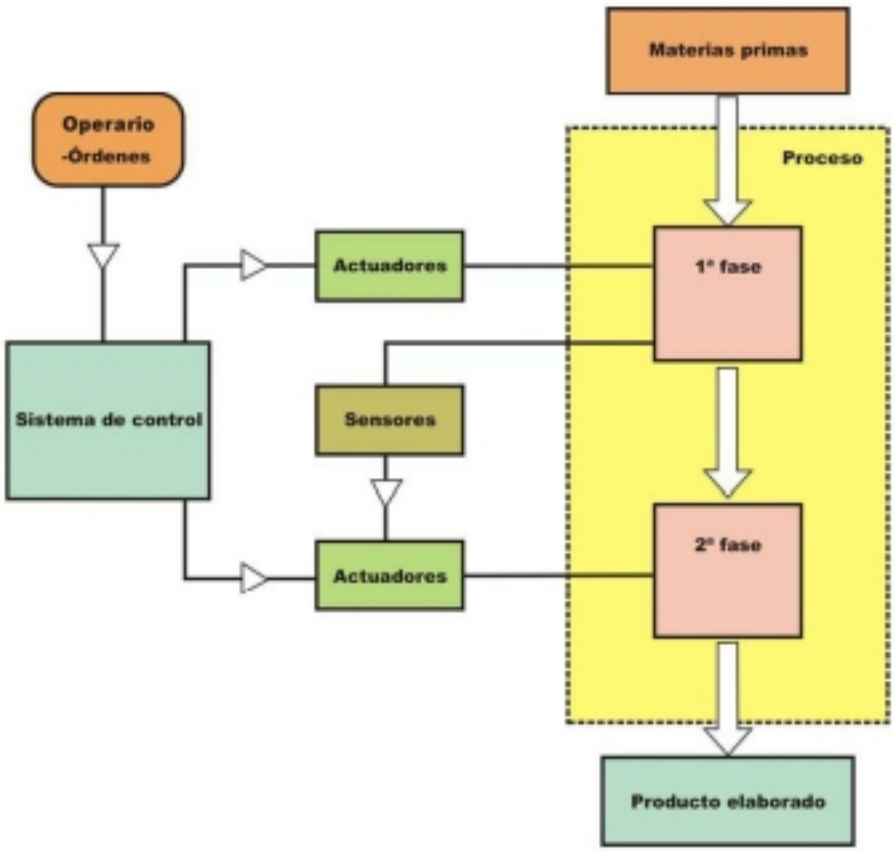


Figura 1 CONTROL DE LAZO ABIERTO

3. CONTROL EN LAZO CERRADO

Se denomina lazo cerrado, el control en el que existe una realimentación, a través de los sensores, desde el proceso hacia **el sistema de control que permite a este conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre le proceso** (figura 2)

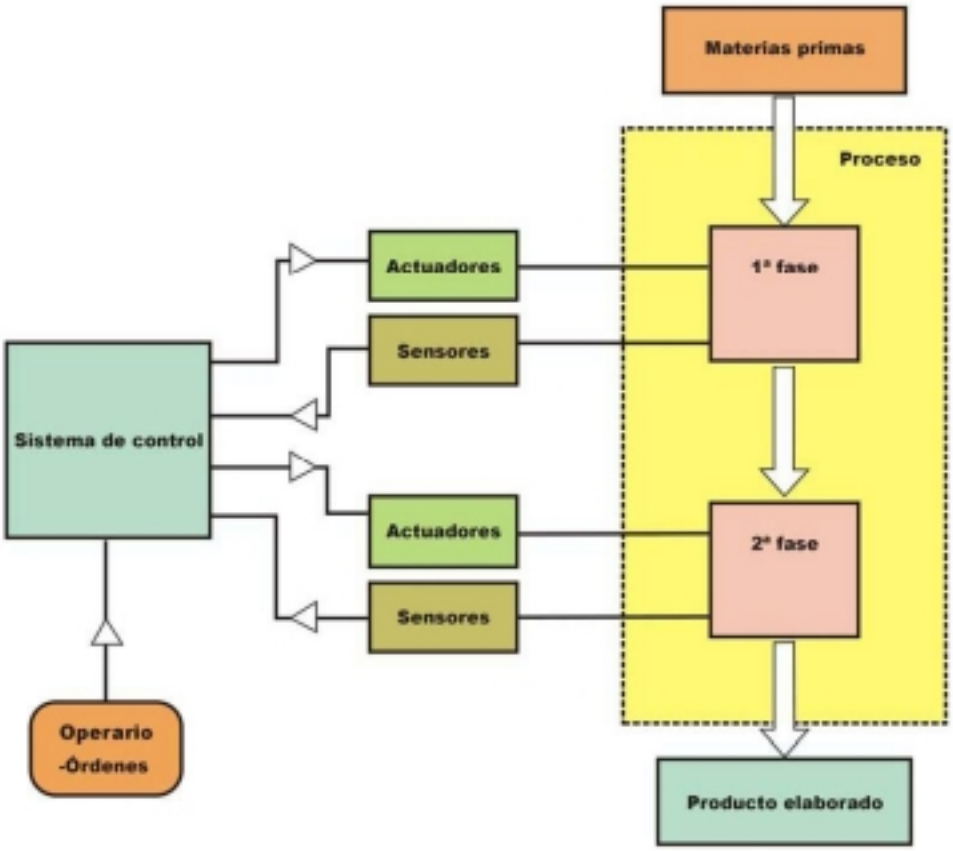


Figura 2 CONTROL DE LAZO CERRADO

4. TIPOS DE PROCESOS INDUSTRIALES

En función de la evolución con el tiempo, los procesos industriales se pueden clasificar en:

- Procesos continuos
- Proceso por lotes o discontinuos
- Procesos discretos

5. PROCESO CONTINUO

Un proceso continuo se caracteriza porque **las materias primas están constantemente entrando por un extremo del sistema**, al mismo tiempo que **en el otro extremo se obtiene de forma continua el producto elaborado.**

Un ejemplo típico de proceso continuo puede ser un sistema de calefacción para mantener una temperatura constante en una determinada instalación industrial (figura 3). La materia prima es el aire frío y la salida el aire templado, conforme el aire de va calentando la entrada y la salida se va modificando hasta que llega a una estabilización, a partir de este momento, el consumo de gas decae hasta un mínimo, que dependerá de las pérdidas de calor.

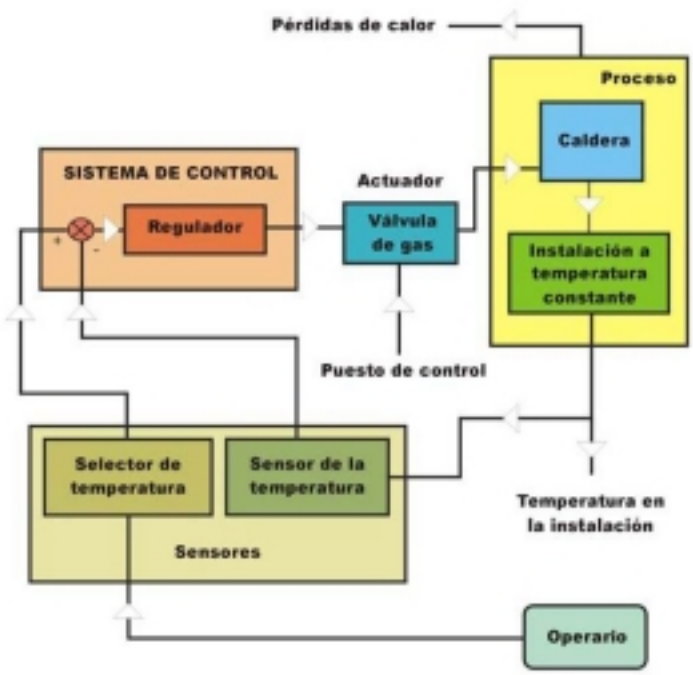


Figura 3 PROCESO CONTINUO (CONTROL DE TEMPERATURA DE UN LOCAL CERRADO)

El sistema de control consta de un comparador que proporciona una señal de error igual a la diferencia entre la temperatura deseada y la temperatura que realmente existe; la señal de error se aplica al regulador que adaptará y amplificará la señal que ha de controlar la electroválvula que permite el paso de gas hacia el quemador de la caldera.

A la vista de la instalación se destacan dos características propias de los sistemas continuos

- El proceso se realiza durante un tiempo relativamente largo, requiere un período de arranque y cuando se detiene su parada no es instantánea, sino que requiere un tiempo de parada total.
- Las variables empleadas en el proceso y sistema de control son de tipo analógico; dentro de unos límites determinados las variables pueden tomar infinitos valores.

6. PROCESOS DISCRETOS

La materia prima sobre la que actúa el proceso es habitualmente un elemento discreto que se trabaja de forma individual, el producto de salida se obtiene a través de una serie de operaciones, muchas de ellas con gran similitud entre sí.

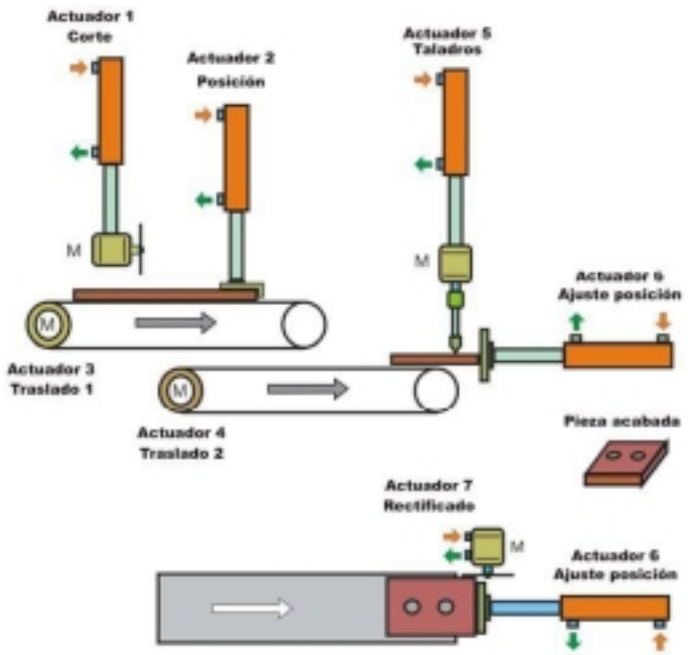


Figura 4 PROCESO DISCRETO (FABRICAR UNA PIEZA CON DOS TALADROS)

Un ejemplo de proceso discreto es la fabricación de una pieza metálica rectangular con dos taladros (figura 4). El proceso para obtener la pieza terminada puede descomponerse en una serie de estados que han de realizarse secuencialmente, de forma que para realizar un estado determinado es necesario que se haya realizado correctamente los anteriores:

Las fases del proceso son:

- Partiendo de una pletina, se corta a la dimensión determinada la pieza necesaria.
- Transporte de la pieza hasta la taladradora.
- Realizar el primer taladro.
- Desplazar la pieza.
- Realizar el segundo taladro.
- Evacuar la pieza.

Cada una de las fases, o estados, supone a su vez una serie de activaciones y desactivaciones de los actuadores (Motores y cilindros neumáticos) que se producirán en función de:

- Los sensores (de posición) y los contactos auxiliares (situados en los contactores) que activan los motores eléctricos.
- Variables que indican que se ha realizado el estado anterior.

7. PROCESO DISCONTINUO POR LOTES

Las materias primas necesarias para el proceso son cantidades diferentes de piezas discretas de forma y constitución diferentes. Sobre este conjunto se realizan las operaciones necesarias para producir el producto acabado, o bien obtener un producto intermedio para ser incluido en un procesamiento posterior (figura 5).

Por ejemplo, se trata de formar un conjunto de tres piezas que se han obtenido a partir de una serie de procesos discretos; las piezas se ensamblarán como se indica en la figura 5 y una vez colocadas se roblonarán los remaches de forma que queden unidas las piezas sin soldadura.

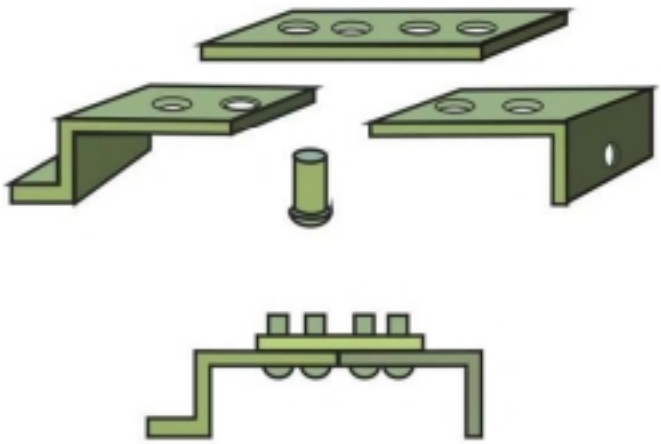


Figura 5 PROCESO DISCONTINUO (PROCESO POR LOTES)

El proceso lleva las siguientes fases:

- Posicionar las dos piezas de la base.
- Posicionar la pieza de unión.
- Colocar los roblones
- Remachar la cabeza de los roblones

Estos estados, o fases, se realizan de forma secuencial, y para activar los dispositivos encargados de posicionar las diferentes piezas serán necesarias:

- Señales de sensores.
- Variables de los estados anteriores.

Tradicionalmente, el concepto de automatización industrial se ha ligado a la aplicación de los sistemas de control discreto y procesos por lotes, dejando los procesos continuos a la regulación automática o servomecanismos. Los autómatas programables tienen su aplicación principal en los procesos discretos y discontinuos.

8. CONTROLADORES SECUENCIALES

Se puede comprobar que los procesos discretos y discontinuos, tienen una gran similitud entre sí. Ambos procesos pueden controlarse mediante con el mismo sistema de control, que, debido a su forma de actuar recibe el nombre de **controlador secuencial.**

De forma resumida las características de los procesos secuenciales son:

- El proceso se puede descomponer en una serie de estados que se activen de forma secuencial (**variables internas**).
- Cada uno de los estados cuando está activo realiza una serie de acciones sobre los actuadores (**variables de salida**).
- Las señales procedentes de los sensores controlan la transición entre los estados (**variables de entrada**).
- Los tres tipos de variables empleadas en el proceso son múltiples y generalmente de tipo discreto, solo toman dos valores: activado o desactivado. Por ejemplo un motor solo puede estar funcionando o parado.

En función de como se realice la transición entre estados, **los controladores secuenciales pueden ser de dos tipos:**

- Controladores secuenciales **asíncronos**
- Controladores secuenciales **síncronos**

9. CONTROLADORES ASÍNCRONOS

La transición entre **dos estados se produce en el mismo instante** en que se produce una variación de las variables de entrada.

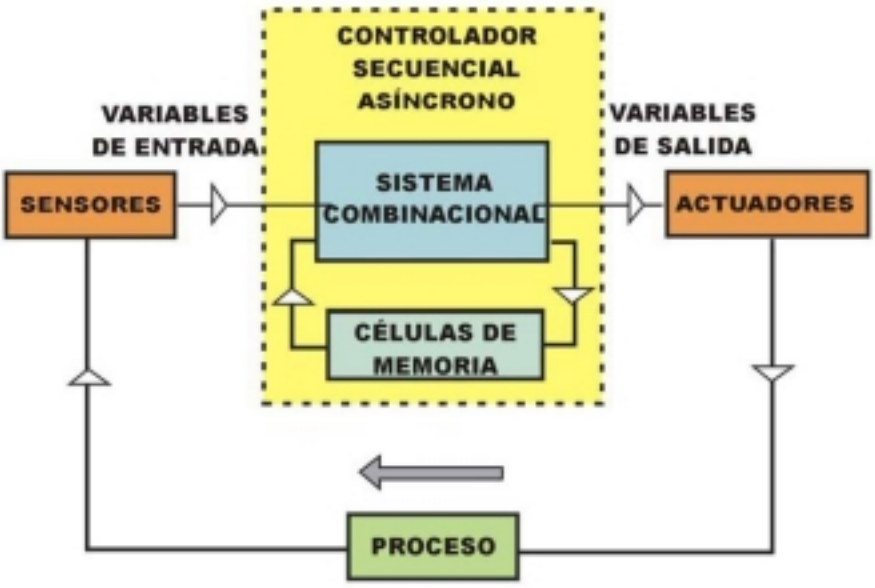


Figura 6 CONTROLADOR SECUENCIAL ASÍNCRONO

En la figura 6, se representa el control de un proceso mediante un controlador asíncrono, formado por un circuito combinacional que determina las acciones a realizar sobre el proceso, en función de las entradas procedentes de los sensores y de las variables asociadas a estados anteriores que sé realimentan a través de las células de memoria.

10. CONTROLADOR SÍNCRONO

La transición a un estado determinado se produce en función de las variables de entrada y de las variables asociadas al estado anterior. Las variables de entrada y la variable interna (asociada al estado anterior) están sincronizadas mediante una señal de reloj de frecuencia fija, de forma que **la transición entre estados sólo se produce por una señal del reloj** (figura 7)

Las células de memoria que almacenan las variables de entrada se activan todas, de forma conjunta con la señal de reloj, permitiendo el paso al circuito combinacional de las X_n variables, las células que almacenan las variables asociadas a los estados se activan mediante la señal del contador de forma individual; a cada impulso de la señal de reloj el contador se incrementa en una unidad permitiendo el acceso de una sola célula.

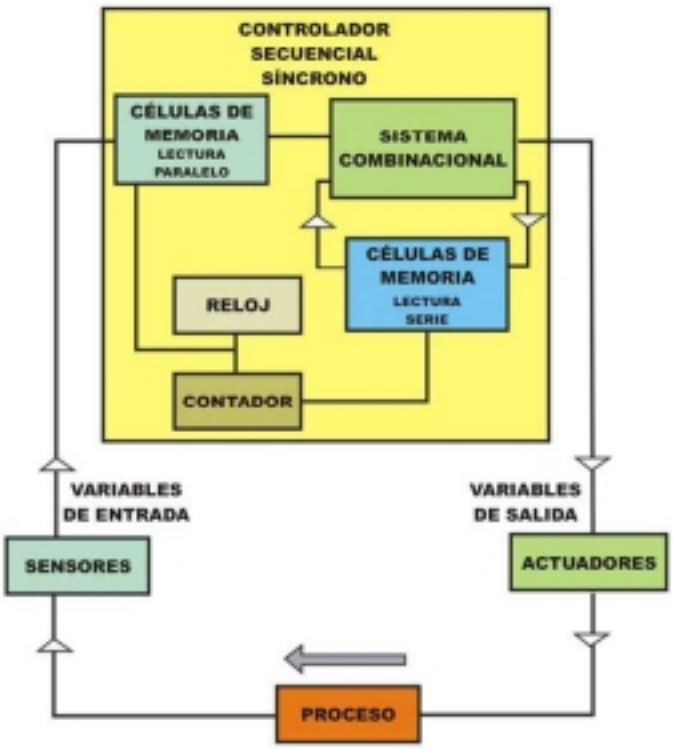


Figura 7 CONTROLADOR DE SECUENCIA SÍNCRONO

La presencia de la variable de entrada y la variable interna en la entrada del circuito combinado permite la activación de las variables de salida asociadas al estado activo. Este tipo de secuenciadores necesita para comenzar la secuencia entre estados la activación del primer estado E_0.

Los dos tipos de controladores descritos pueden construirse empleando **lógica cableada** y elementos discretos de tecnología **electrónica**, **eléctrica** o **neumática**. El único requisito que tendría que cumplir el controlador sería que el tiempo que necesita el circuito combinacional para tomar decisiones (ciclo de trabajo), en función de las variables de entrada y estados anteriores, tendría que ser mucho menor que el tiempo de evolución del proceso.

Al emplear lógica cableada, la configuración del circuito combinacional y las operaciones lógicas que ha de realizar, depende de las cantidades de variables necesarias para controlar el proceso (variable de entrada y salida) y del número de estados en los que se desglosa (variables internas). Una modificación del proceso que supone una modificación en el número de variables anteriores o en su orden de actuación, significa diseñar de nuevo un controlador secuencial.

Todos estos inconvenientes quedan resueltos utilizando la **lógica programada**. Con lo que cualquier variación, se hará mediante instrucciones de un lenguaje adecuado.

11. TIPOS DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS

Automatismos mecánicos. Son los más antiguos, se siguen utilizando, pero cada vez menos. Realizados con piezas mecánicas, como ruedas dentadas, bielas, palancas etc. No permiten controles en lazo cerrado.

Automatismos eléctricos. Constan de los siguientes elementos:

- Temporizadores, relés, contactos (sistema de control).
- Contactores (Preaccionadores).
- Motores (actuadores).
- Interruptores de posición, células, detectores, etc. (Sensores).
- Pulsadores e interruptores (Accionado por el operario)

FIGURA 8 RELÉ REGULADOR PARA CALEFACCIÓN

FIGURA 9 RELÉ TEMPORIZADO

Automatismos electrónicos. Utiliza todos los elementos eléctricos y además:

- Operadores lógicos, memorias, contadores; **no son programables** y están diseñados para una sola tarea.
- Miniordenadores, autómatas programables, microprocesador; Sirven para variar las tareas y **tienen que ser programados**.

FIGURA 10 INTERRUPTOR HORARIO PARA CUATRO ACTUACIONES

FIGURA 11 MODEM PARA CONECTAR POR TELÉFONO CON UN SISTEMA INTELIGENTE

Automatismos neumáticos. Formados por:

- Células neumáticas, temporizadores, secuanciadores. Con ellos se forma el sistema de control.
- Distribuidores monoestables y biestables, son los preactuadores.
- Cilindros de doble efecto y de simple efecto, son los actuadores del proceso.
- Interruptores de posición neumáticos, vacuostatos, captadores de caída de presión, que actúan como sensores.
- El operario en vez de actuar en un sistema eléctrico aquí opera con elementos neumáticos.

Electroneumáticos.

Presentan las ventajas de los sistemas eléctricos y electrónicos además de los neumáticos. Haciéndose la adaptación de uno a otro mediante electroválvulas. Solo los preactuadores y actuadores son de tipo neumáticos.

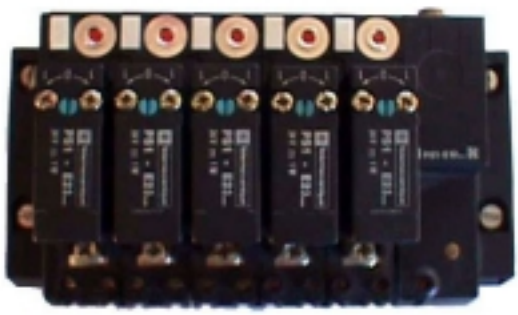


FIGURA 12 ELECTROVÁLVULAS

12. MEMORIAS

La memoria es el dispositivo electrónico que almacena información. Las memorias pueden ser grabadas y borradas, en el cuadro que sigue se detallan las distintas memorias y sus características más sobresalientes.

Nombre	Características	Por corte de corriente
RAM	Memoria de escritura lectura con acceso libre	Se borra el programa
ROM	Memoria de valores fijos. Sólo lectura sobre la memoria	Conserva el programa
PROM	Memoria programable con valores fijos	Conserva el programa
EPROM	Memoria modificable con valores fijos	Conserva el programa
RPROM	Memoria reprogramable con valores fijos	Conserva el programa
EEPROM	Memoria de valores fijos que pueden modificarse eléctricamente	Conserva el programa
EAROM	Memoria de valores fijos que pueden modificarse eléctricamente	Conserva el programa
LIFO	Memoria de almacenamiento. Gestionan entrada y salidas de información	Se borra el programa

Cuadro 1. TIPOS DE MEMORIAS

Programa es el conjunto de instrucciones que se da a un autómata o calculador, en un lenguaje determinado para la ejecución de un automatismo, cálculo, etc.

Lenguaje es la forma de comunicarse con la máquina para que esta ejecute una acción, los principales lenguajes son entre otros: ADA, BASIC, COBOL, FORTRAM, FORTH, LOGO, LOTUS etc.

Sofware. Son los programas escritos en el lenguaje que entiende la máquina, ya sea por el usuario o por empresas informáticas.

Hardware. Se llama dispositivo Hardware, a los circuitos electrónicos y a los elementos físicos que forman el conjunto del autómata, ordenador o calculadora.

Periféricos. Son los elementos exteriores del ordenador, que están en comunicación directa con él (Teclado, Pantalla, Impresora, etc.)

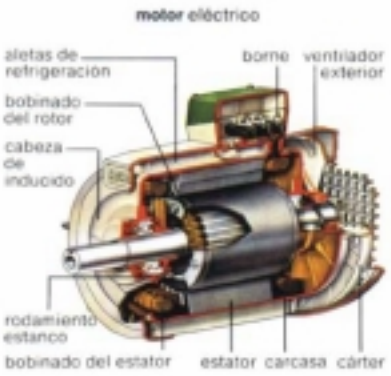
Bus. Es el conjunto de líneas de conexiones que unen los diferentes dispositivos electrónicos del autómata.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual
ELECTRICIDAD INDUSTRIAL

Módulo 3

MÁQUINAS ELÉCTRICAS



Tema 1

LA CORRIENTE ALTERNA
Actualización de conocimientos

Índice

1. Inducción 1
2. Formas de crear corriente por inducción 1
3. Fuerza electromotriz (f.e.m.) Dinámica y estática 4
4. Fuerza electromotriz generada en un conductor 5
5. Sentido de la f.e.m. inducida 7
6. Bobina 8
7. Pérdidas en el hierro 8
8. Producción de una f.e.m. alterna 9
9. Valores y características de la senoide 12
10. Senoides en fase 13
11. Sistemas polifásicos 14
12. Conexión trifásica en estrella 16
13. Conexión trifásica en triángulo 17
14. Potencia de un sistema trifásico 18
15. Factor de potencia 18
16. Corriente de una sola fase 19

Tema 1

LA CORRIENTE ALTERNA

Actualización de conocimientos

1. INDUCCIÓN

Si se coloca **un conductor dentro de un campo magnético** y se le aplica en sus extremos un aparato de medida, se observa que dicho aparato no marca voltaje alguno; sin embargo, **cuando se produce una variación del valor del flujo de las líneas de fuerza del campo magnético**; se observa que la aguja del aparato de medida acusa esta variación; es decir, **se genera en el conductor una *fuerza electromotriz inducida*.**

Cuando este conductor forma parte de un circuito eléctrico cerrado, este será recorrido por una corriente eléctrica que asimismo recibe el nombre de ***corriente inducida***.

A este fenómeno, por el cual se produce una fuerza electromotriz en un conductor al variar el flujo a que está sometido, se le da el nombre de ***inducción***.

2. FORMAS DE CREAR CORRIENTE POR INDUCCIÓN

Existen varias formas de producir fuerzas electromotrices inducidas; los tres procedimientos más usuales son:

a). ***Corrientes inducidas creadas por imanes permanentes***: En una bobina (figura 1) conectada en serie con un amperímetro se puede observar; que: **cuando se acerca el imán permanente a la bobina**, la aguja del amperímetro se mueve, debido, sin duda, a que se ha generado una corriente inducida.

Cuando se efectúa el movimiento inverso, y **alejando el imán permanente de la bobina,** la corriente inducida continúa moviendo el amperímetro; aunque ahora lo hace en sentido contrario, es decir, continúa generando corriente en el sentido inverso al anterior.

En cambio; cuando se mantiene fijos tanto la bobina como el imán permanente, la aguja del amperímetro no acusa variación, aunque la bobina continúe dentro del campo de magnético.

Resultados similares se obtiene si se mueve la bobina y se deja fijo el imán; cuando la bobina se aleje se apreciarán variaciones en la aguja del amperímetro, y cuando se acerque también; pero en sentido contrario al anterior.

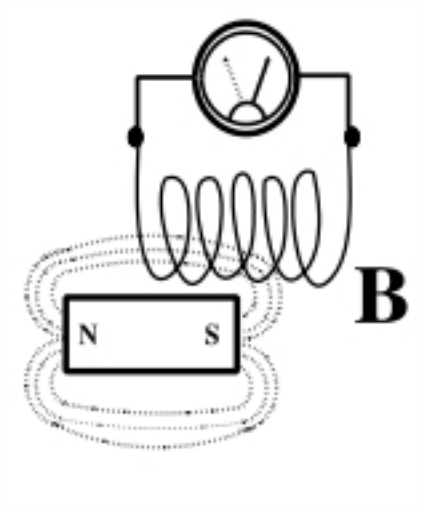


Figura 1 INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Se demuestra entonces que, únicamente se produce f. e. m. inducida, **cuando existe variación del flujo magnético sobre la bobina.**

Las máquinas eléctricas, en las que se crean f. e. m., **debido a la acción de imanes permanentes, son *máquinas magnetoeléctricas*,** comúnmente llamadas **magnetos**.

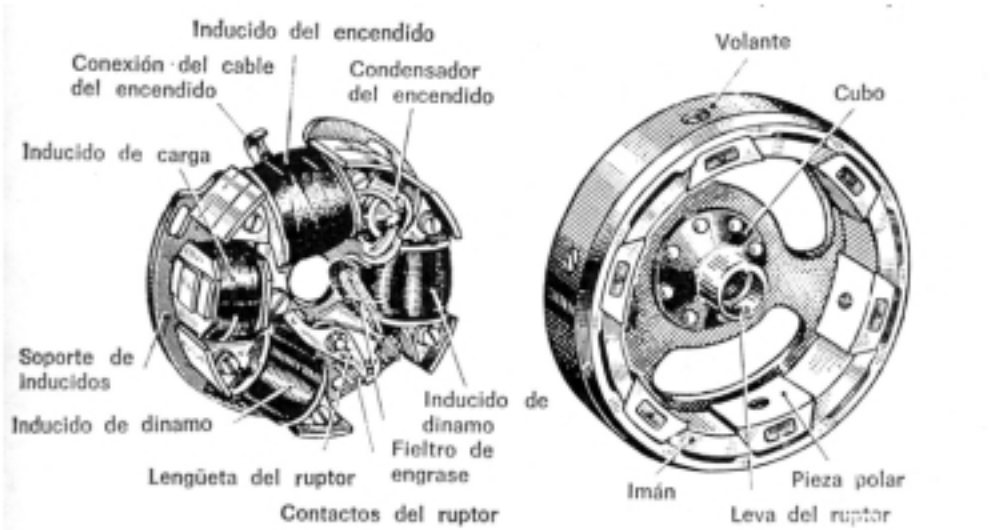


Figura 2 MAGNETO PARA UNA MOTO

b). ***Corrientes inducidas creadas por imanes artificiales***: Si en la figura 1 es reemplazado el imán permanente por una segunda bobina se obtiene un conjunto similar al de la figura 3, en el que las espiras de la bobina **B** son atravesadas por el flujo magnético del electroimán **E**, cuando sus espiras son recorridas por una corriente eléctrica.

Si se repiten los experimentos anteriores, y se desplazan las bobinas, se obtienen resultados exactamente iguales; y cada vez que cese el movimiento, desaparecerá la corriente en la bobina inducida **B**. La bobina destinada a crear el campo magnético inductor, se llama **bobina excitadora**; y la bobina donde se crea la corriente **inducido**.

Las máquinas eléctricas en las cuales la f. e. m. inducida, son originadas por otra bobina, son máquinas ***dinamoeléctricas***;

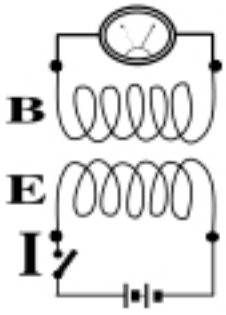


Figura 3 INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Si lo que se obtiene de estas máquinas, es **corriente continua**, entonces se llaman **Dinamos**; y si es **corriente alterna**, se las denominan **Alternadores**.

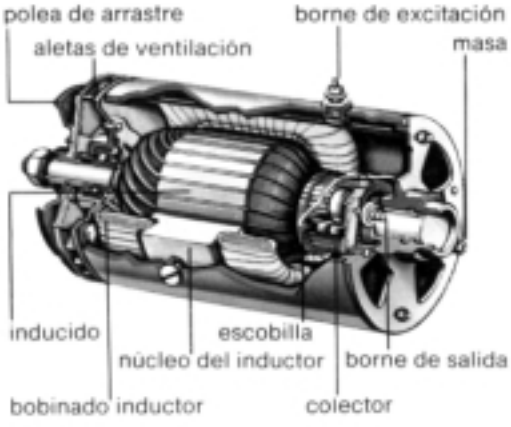


Figura 4 DINAMO DE PEQUEÑA POTENCIA

c). ***Corriente inducida sin que exista movimiento en ninguna de las bobinas***: Existe la posibilidad de dejar las dos bobinas de la figura 3, fijas, sin ninguna clase de movimiento; y hacer la variación del campo magnético abriendo y cerrando el interruptor I, con lo cual se interrumpe la corriente y el flujo magnético variará hasta desaparecer, y al cerrar el interruptor I el flujo magnético variará desde cero a un máximo.

Puede observarse que la aguja del amperímetro también se desvía en un sentido al abrir el circuito y en sentido contrario al cerrar el circuito.

Este tercer experimento, en los que no existe movimiento mecánico de la bobina inductora ni de la bobina inducida, para que exista variación del flujo magnético; es el fundamento de los **transformadores**.

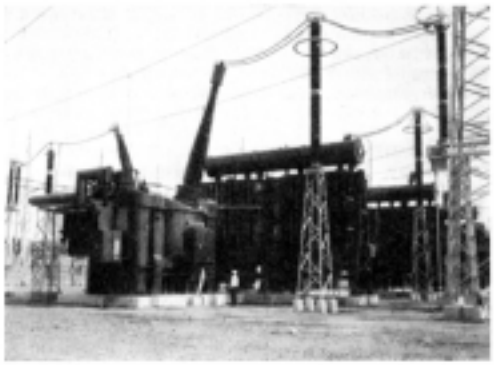


Figura 5 VISTA DE UN TRANSFORMADOR DE GRAN POTENCIA

3. FUERZA ELECTROMOTRIZ, DINÁMICA Y ESTÁTICA

Teniendo en cuanta la manera de conseguir la variación del flujo a que está sometido el conductor, se distinguen dos clases distintas de fuerzas electromotrices inducidas: **dinámicas** y **estáticas**.

Cada vez que la variación del flujo se obtiene a base del movimiento del conductor dentro del campo magnético de valor constante. Entonces denominados a la fuerza electromotriz producida **dinámica**.

Como ejemplo de **fuerzas electromotrices dinámicas** están **los *alternadores* y las *dinamos***, en las cuales la bobina del inducido se mueve con respecto al flujo magnético creado por los polos.

En otros casos, la variación del flujo en la bobina inducida se hace creando un campo magnético de intensidad variable sin que existan desplazamientos en los conductores, la fuerza electromotriz se denomina ahora **estática**.

La f. e. m. creada por los bobinados de los transformadores son **fuerzas electromotrices estáticas**.

4. FUERZA ELECTROMOTRIZ GENERADA EN UN CONDUCTOR

Se ha observado que, **cuando un conductor, *se desplaza dentro de un campo magnético*** (figura 6), de manera que en su movimiento corte las líneas de fuerza del campo, **entre sus extremos *aparece una fuerza electromotriz* (f.e.m.) inducida durante todo el tiempo que dure este desplazamiento**.

Se puede observar que, cada vez que se mueva el conductor **AC**, de la posición del observador hacia el fondo, o del fondo hacia el observador, la aguja del Voltímetro indica que existe tensión; la polaridad de esta tensión cambia cada vez que se modifique el sentido del desplazamiento dentro del campo magnético.

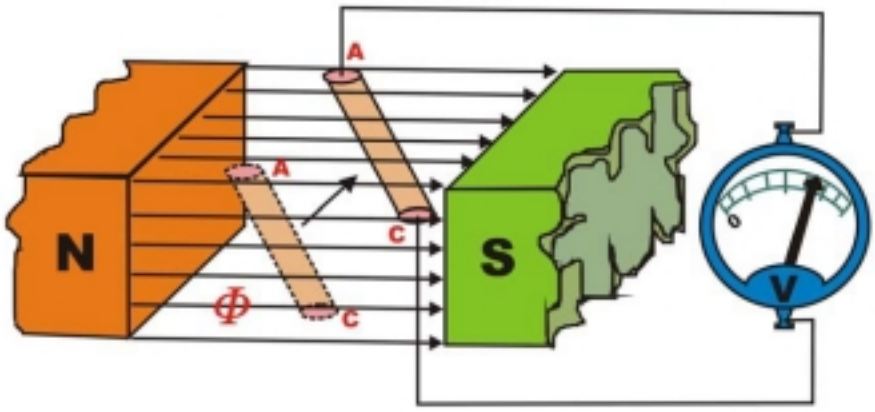


Figura 6 CREACIÓN DE CORRIENTE CON EL MOVIMIENTO DE UN CONDUCTOR

En el aparato de medida **no se apreciará ninguna variación de la aguja indicadora, cada vez que cese el movimiento** del conductor dentro del campo magnético. **Tampoco se detectará ninguna corriente cada vez que el conductor se salga del espacio ocupado por el campo magnético**.

Experimentado con distintas posiciones dentro de un campo magnético, se observa que: el valor de la **f.e.m. inducida** en el conductor, **depende mucho de la posición del conductor, con respecto a la cantidad de líneas de fuerza que corta en su desplazamiento dentro del campo**. (Figuras 7 a 10).

En el **movimiento de abajo arriba o de arriba hacia abajo**; ***la mayor f. e. m. aparece cuando el conductor pasa por el eje central del campo*** **de fuerza** siendo de menor intensidad, tanto en los extremos del campo superior como en el inferior. **Cuando cambia el sentido del movimiento del conductor la corriente también cambia el sentido de circulación.**

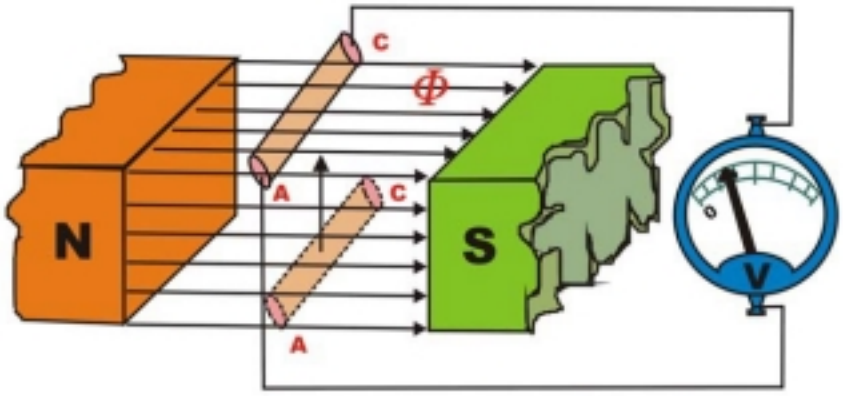


Figura 7 MOVIMIENTO DEL CONDUCTOR ARRIBA Y ABAJO DEL CAMPO MAGNÉTICO

Si el **movimiento del conductor se efectúa con una inclinación** respecto al campo magnético de manera que corte un mínimo de líneas de fuerza, la f.e.m. que se produce es también mínima. Al cambiar el sentido ascendente con el descendente, cambia el sentido de la corriente.

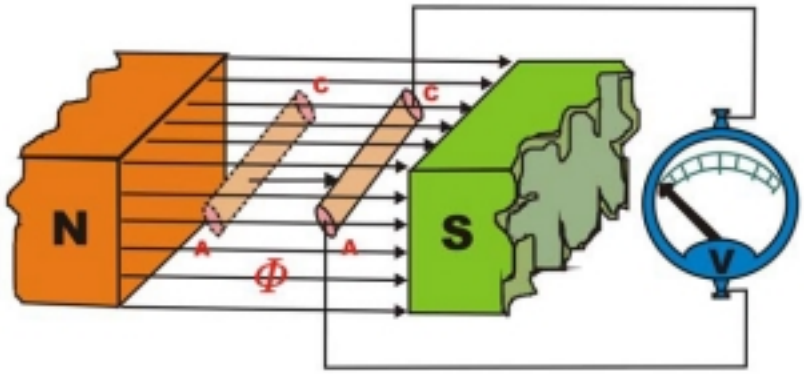


Figura 8 MOVIMIENTO DE TRAVÉS, CORTANDO UN MÍNIMO DE LÍNEAS DE FUERZA

Cuando el **movimiento del conductor en su desplazamiento por el campo magnético es del fondo al frente o del observador** hacia el fondo *la f. e. m. generada en el conductor* ***es máxima al pasar por el centro del eje del campo***, **y mínima en los extremos** de este, cambiando el sentido de la corriente generada, al cambiar el desplazamiento.

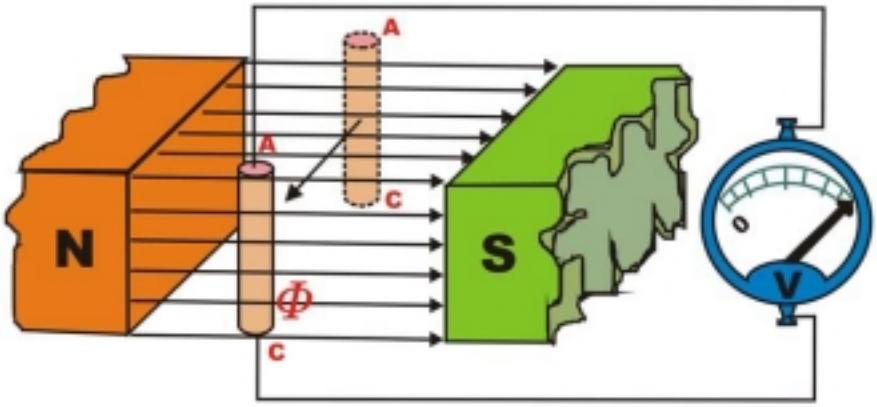


Figura 9 MOVIMIENTO DEL FONDO AL FRENTE

NOTA DE INTERÉS

La naturaleza del conductor no influye en el valor de la f. e. m. inducida; el mismo valor se obtiene con plata, cobre, hierro o aluminio; en todos los casos, se obtiene idénticos resultados; aunque generalmente se elija el cobre o el aluminio, por ser más económicos y buenos conductores de la electricidad.

5. SENTIDO DE LA FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA.

En realización de las experiencias anteriores se ve, en todos los casos, que cuando cambia el sentido del movimiento, dentro el campo magnético, también se invierte el **sentido de la corriente**. Una detallada observación de dicha experiencia permite hallar un método que determine el **sentido de la fuerza electromotriz inducida** en el conductor.

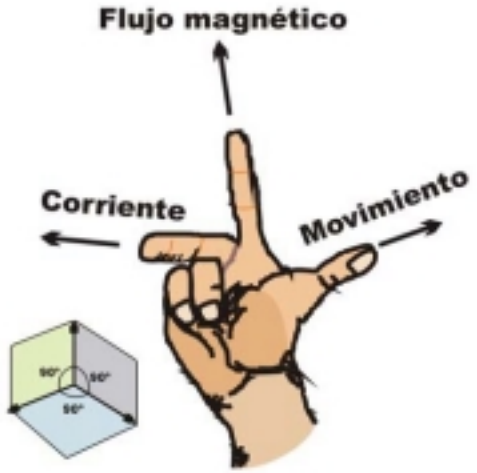


Figura 10 REGLA DE LOS TRES DEDOS DE LA MANO DERECHA

El método ideado es la **regla de los tres dedos de la mano derecha**.- Se disponen los dedos pulgar, índice y medio de la mano derecha de manera que formen ángulos restos entre sí; el dedo índice se coloca en el sentido del flujo del campo (Figura 10), el dedo pulgar en la dirección del movimiento relativo del conductor respecto al sistema polar; la dirección indicada por el dedo medio señala el **sentido de la fuerza electromotriz inducida** en el conductor.

6. BOBINA

En la práctica, las máquinas y los receptores eléctricos disponen de un elevado número de conductores reunidos en **bobinas**, (figura 11) que se alojan en *ranuras* (figura 12); la fuerza que actúa sobre cada una de las espiras se suma y así se consigue multiplica la potencia de la máquina.

Figura 11 UNA DE LAS BOBINAS DEL MOTOR

Figura 12 DISPOSICIÓN DE LAS BOBINAS EN EL ESTATOR DEL MOTOR

7. PÉRDIDAS EN EL HIERRO

La fuerza electromotriz inducida se produce en todo material que esté en movimiento dentro del campo magnético; por tanto, también se originará fuerzas electromotrices en los núcleos magnéticos de las máquinas.

Esto materiales magnéticos originan corrientes de circulación, (figura 13) las cuales producen efectos perjudiciales, que reciben el nombre de *corrientes parásitas o corrientes de Foucault.*

Figura 13 CIRCULACIÓN DE LAS CORRIENTES DE FOUCAULT

Estos efectos perjudiciales se transforman en calor y originan **pérdidas de potencia**. Los inconvenientes originados en los núcleos magnéticos se reducen haciendo que los núcleos de hierro no sean macizos, sino que estén construidos apilados en chapas delgadas de menos de un milímetro de grueso, y al mismo tiempo que estén aisladas entre sí (figura 14). De esta manera, las corrientes parásitas encuentran interrumpido su camino y su valor se reduce, evitándose así las **pérdidas originadas por las corrientes de Foucault.**

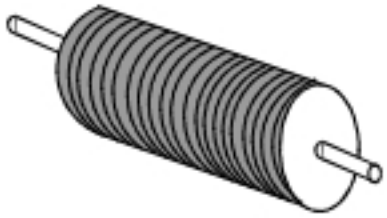


Figura 14 DETALLE DE UN ROTOR PARA EVITAR LAS CORRIENTES PARÁSITAS

8. PRODUCCIÓN DE UNA FUERZA ELECTROMOTRIZ ALTERNA

Construyendo el conductor que se ha de mover dentro del campo magnético, de la forma que se muestra en la figura 15; y haciendo mover al conductor, girando sobre su eje; al conectar un voltímetro, en que el cero corresponda a la posición central, se observa que desde la posición de 0º a la posición 360, el voltaje experimenta variaciones tanto de voltaje, como de sentido.

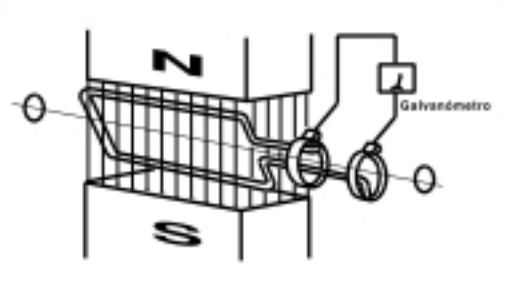


Figura 15 CONDUCTOR GIRANDO DENTRO DE UN CAMPO MAGNÉTICO

Examinando las distintas posiciones que va ocupando la espira en su giro, y representando gráficamente las f. e. ms. correspondientes se obtiene: En la línea horizontal las posiciones correspondientes al ángulo por los que pasa el conductor y sobre cada posición marcamos los voltajes en ese instante; de esta forma, obtendremos una serie de puntos como los de la figura 16.

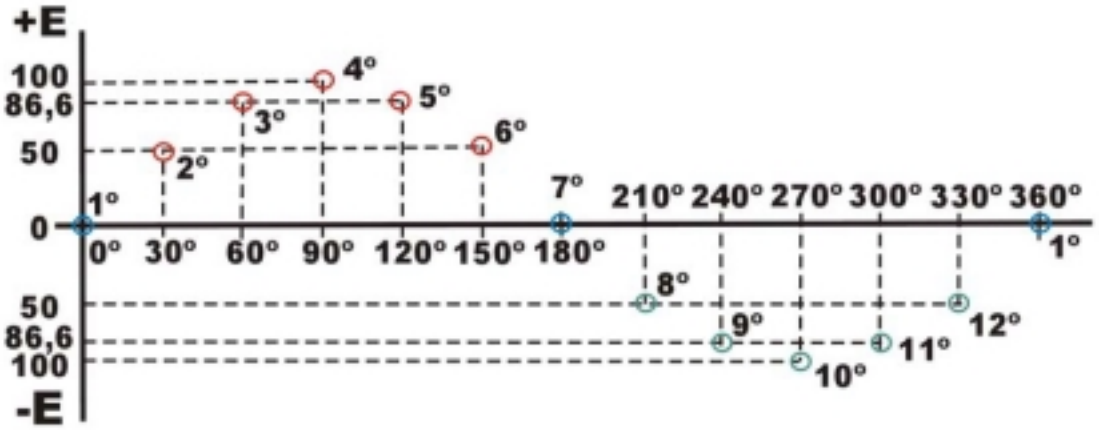


Figura 16 DISTINTOS VALORES DE LA ESPIRA EN SU GIRO DE 360º

Unidos todos estos puntos podemos obtener el voltaje entre una posición y otra y la figura final obtenida será la 17.

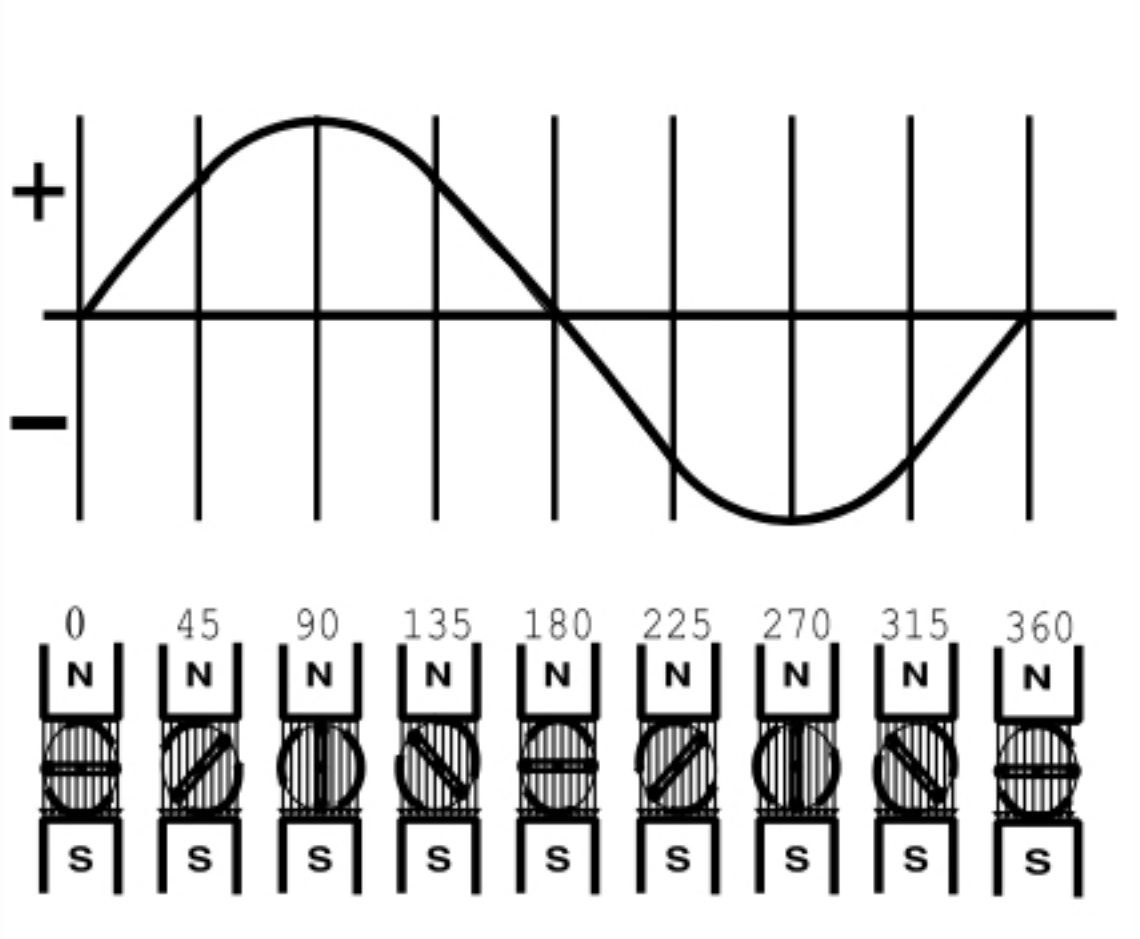


Figura 17 VALORES INTERMEDIOS OBTENIDOS EN EL MOVIMIENTO DEL CONDUCTOR DENTRO DEL CAMPO MAGNÉTICO

Asombrosamente de puede comprobar que esta figura es, exactamente igual, a la curva de una senoide, es decir, al valor del seno de un ángulo (figura 18).

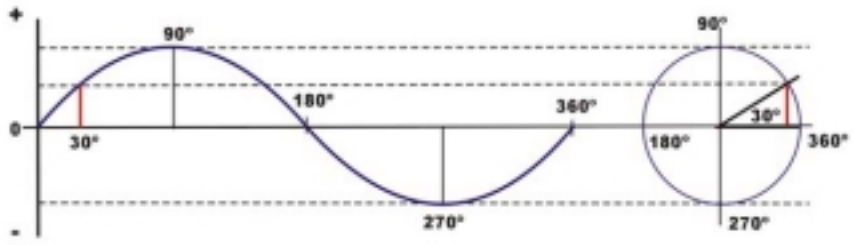


Figura 18 REPRESENTACIÓN DE LOS VALORES DEL SENO (SENOIDE)

9. VALORES Y CARACTERÍSTICAS DE LA SENOIDE

Toda senoide tiene dos alternancia: (figura 19) **una positiva** y **otra negativa**.

***Dos alternancia seguidas*, una positiva y otra negativa, *constituye un ciclo*.**

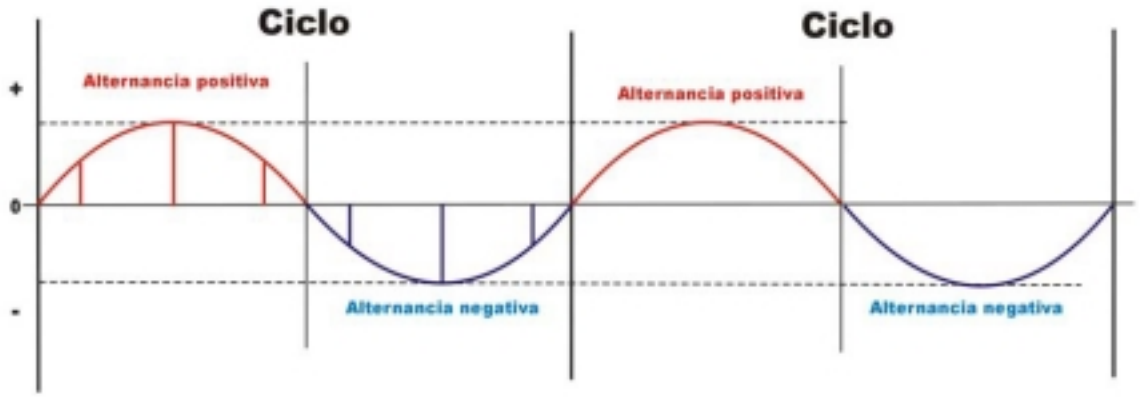


Figura 19 DOS ALTERNANCIAS SEGUIDAS CONSTITUYEN UN CICLO

El tiempo* que tarda en completarse *un ciclo* *se llama período (figura 20)

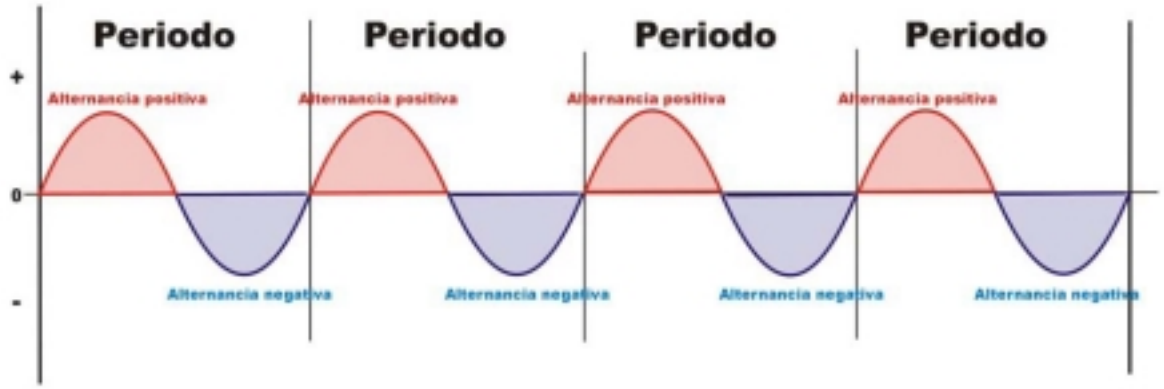


Figura 20 CUATRO PERÍODOS POR SEGUNDO

Al *número de períodos por segundo* se llama frecuencia.

En España la frecuencia de la corriente alterna senoidal, es de 50 hercios o lo que es igual, de 50 períodos por segundo. En américa la frecuencia es de 60 Hz.

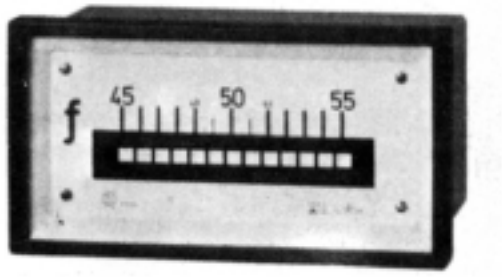


Figura 21 FRECUENCÍMETRO DE LENGÜETAS

El instrumento que se utiliza para medir la frecuencia se llama frecuencímetro, el más común de todos, está compuesto de lengüetas que vibran a la frecuencia aplicada cuya forma puede verse en la figura 21

10. SENOIDES EN FASE

Dos senoides están **en fase** cuando:

Tienen igual frecuencia y coinciden sus alternancias positivas y negativas (figura 22) y los valores máximos y cero

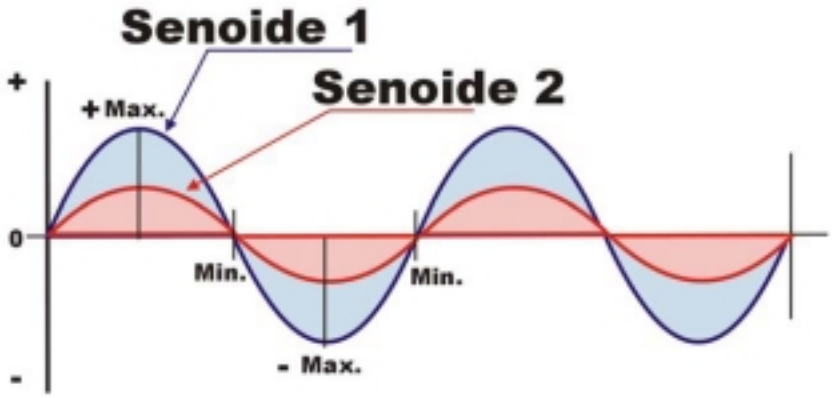


Figura 22 DOS SENOIDES DE DISTINTO VALOR Y EN FASE

Dos senoides están desfasadas cuando:

Tienen **igual frecuencia** y **no coinciden sus alternancias positivas y negativas** (figura 23) con los valores máximos y cero.

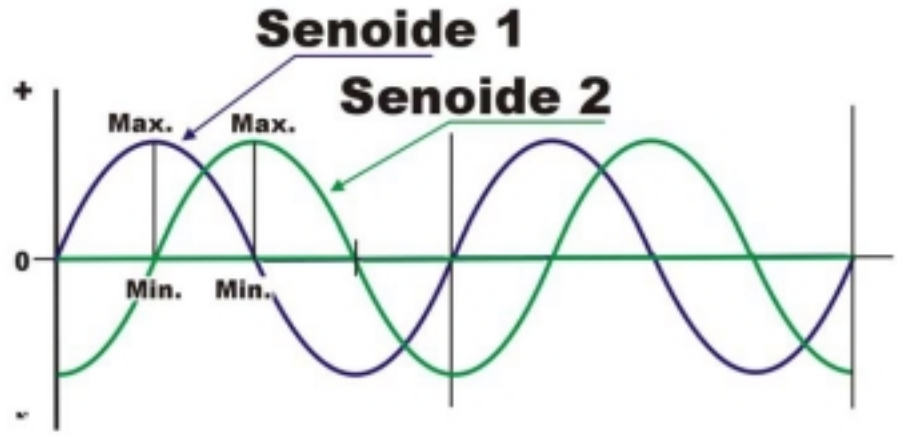


Figura 23 DOS SENOIDES DE IGUAL VALOR Y DESFASADAS 90º

Al adelanto, **o retraso**, conque las ondas comienzan o terminan sus alternancias, **se llama ángulo de desfase**. En la figura 23, el **desfase es de 90 grados eléctricos**.

11. SISTEMAS POLIFÁSICOS

Hasta ahora, el estudio de la corriente se ha referido a **una sola corriente alterna**, es decir, a lo que **se llama corriente alterna monofásica**.

Pero, **en la práctica, se emplean simultáneamente varias corrientes alternas monofásicas; de igual valor eficaz, e igual frecuencia; pero de distinta fase**, formando un **sistema polifásico de corrientes**.

El desfase que existe entre cada conductor activo es igual a **360º dividido entre el número de fases**; Así **el sistema trifásico**, es el conjunto de **tres fases monofásicas desfasadas 120º**, mientras que en un **sistema exafásico**, el conjunto de los **seis conductores activos están desfasados 60º eléctricos**.

Existe una excepción a esta regla; el **sistema bifásico no está desfasado 180º**, como correspondería a la definición anterior; si no que, **el desfase es de 90º eléctrico**.

Cuando se utiliza dos fases de un sistema trifásico técnicamente no se está usando un sistema bifásico, como vulgarmente se suele decir; puesto que, estas **dos fases, mantienen un ángulo de 120º** entre ellas; **en lugar de los 90º que técnicamente le correspondería al sistema**.

En la figura 24 está representado las tres senoides de un sistema trifásico.

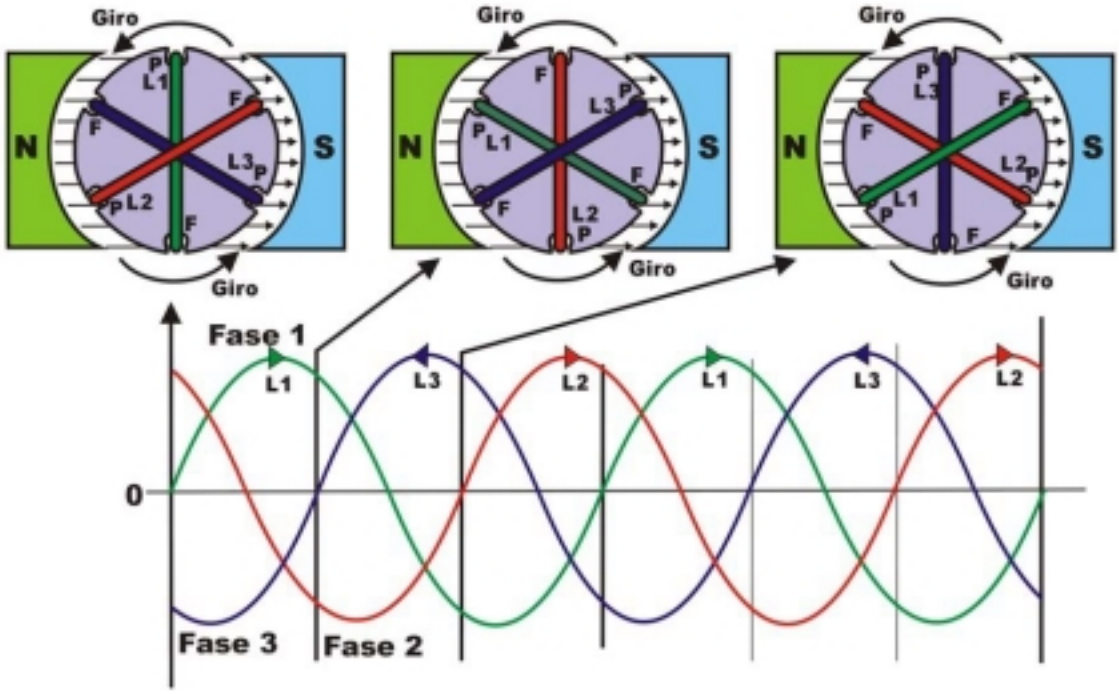


Figura 24 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UN SISTEMA TRIFÁSICO DE CORRIENTE

En la representación de la corriente trifásica existen tres senoides **L1**, **L2** y **L3** **desplazadas un tercio de período, o sea, 120º eléctricos**.

En la representación se muestra en cada instante los valores instantáneos de cada fase, en el que se puede observar que siempre hay dos fases que tienen un valor de igual signo, y la tercera fase de sentido contrario. En el inicio **L1** y **L2 son positivo** mientras que **L3 es negativos**, en la siguiente posición **L1 sigue siendo negativo** mientras que **L2** y **L3** son **positivos** y en el último instante considerado **L3** es **positivo** mientras que las fases **L1** y **L2 son negativas**.

Al pasar sucesivamente las fases de valores positivos a negativos; forzosamente ha de haber un instante cuyo valor sea nulo; solo en este instante se anula esta fase, para permanecer las otras dos con valor de signo contrario; pero con la particularidad que, mientras una fase va creciendo de valor, la opuesta decrece, y su valor pierde en favor de la fase contraria; por lo cual, en los motores trifásicos no disminuye la velocidad de giro y, por el contrario, se mantienen constante la rotación. La variación constante del sentido de la corriente crea un campo magnético giratorio, cuyo norte y sur, genera una corriente alterna en cada fase de valor senoidal con un desfase de 120º eléctricos.

12. CONEXIÓN TRIFÁSICA EN ESTRELLA

En la figura 25 están representadas, esquemáticamente, los tres bobinas que corresponden a las tres fases de un generador; los principios de los bobinados son **U**, **V** y **W**; y los finales **X**, **Y** y **Z**.

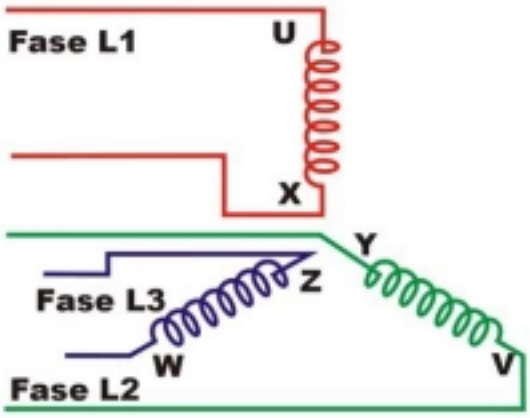


Figura 25 SISTEMA TRIFÁSICO

Cada bobinado produce una f. e. m. alterna monofásica que podría ser aprovechada por separado. Sin embargo, el empleo por separado de las tres f. e. ms. no produce ninguna ventaja práctica en el aprovechamiento de la energía eléctrica, ya que sería preciso disponer seis conductores en las redes trifásicas.

En la práctica, se conectan entre sí las tres fases; con el fin de reducir el número de conductores activos de la red y, en consecuencia, disminuir el peso de la red: esto se consigue conectando **en estrella** o **triángulo** los extremos de cada fase.

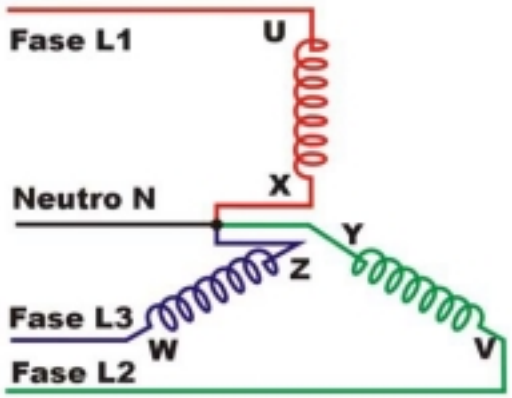


Figura 26 CONEXIÓN EN ESTRELLA

La conexión en estrella consiste en unir los finales **X**, **Y**, **Z**, de las tres fases, formando **un punto común llamado neutro** y dejando libre los tres principios **U**, **V** y **W**. Como muestra la figura 26.

En una línea trifásica es preciso distinguir:

- La **tensión entre fases**.
- La **tensión entre fase y neutro**
- Las **intensidades de corriente por fase**
- La **intensidad de corriente por el conductor neutro**

La **tensión entre fase y neutro es igual a / 3 veces la tensión entre fases**.

Siendo I la intensidad por cada una de las fases, de igual valor; por el conductor neutro la intensidad es cero.

Cuando la intensidad por fase no es la misma en todas ellas, por el conductor neutro circula una corriente igual a la diferencia vectorial que existe entre ellas.

Por último, **si sólo circula corriente por una de las fases**, y por las otras dos ninguna, **por el conductor neutro circula la misma cantidad de corriente que por la fase**.

13. CONEXIÓN TRIFÁSICA EN TRIÁNGULO

Consiste esta conexión en conectar el final de cada fase con el principio de la siguiente. La figura 27 muestra como.

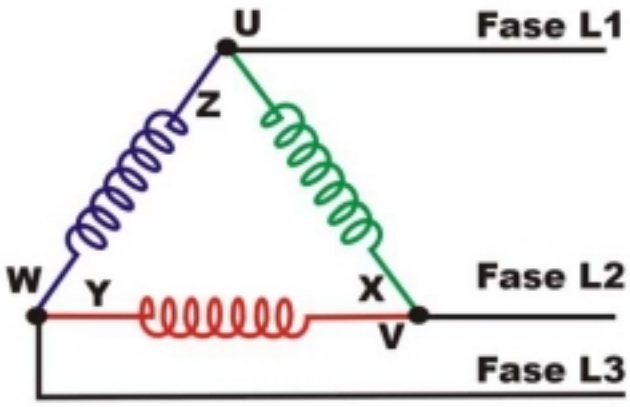


Figura 27 CONEXIÓN EN TRIÁNGULO

En esta conexión no existe conductor neutro. De los tres puntos de unión que resulta de este montaje se saca un conductor de fase.

No existe **en este montaje más que una tensión; la existente entre fases**, y **una sola intensidad la que circula por cada una de las fases.**

14. POTENCIA DE UN SISTEMA TRIFÁSICO

En un sistema trifásico la potencia activa viene expresada por la ecuación:

$$P = \sqrt{3}.V.I.\cos\varphi$$

La potencia en vatios de una línea trifásica es igual al producto de la raíz cuadrada de 3 por el voltaje por la intensidad y por el coseno de n.

15. FACTOR DE POTENCIA

En la corriente alterna existe un desfase entre el voltaje y la intensidad de corriente; este desfase es el medido por el coseno de n, **llamado factor de potencia**, puesto que su valor siempre es menor que la unidad. El valor **oscila entre 0'4 y 0,6 para reactancia de alumbrado** y **0'75 a 0,89 en el caso de motores trifásico**; **este valor siempre viene marcado en la chapa de característica del receptor**.

Cuando lo que se conecta a la red son **receptores puros**, **resistencias para calefacción, hornos, lámparas incandescentes**; en estos casos no se produce desfase entre el voltaje y la intensidad de corriente y el **coseno de** n **tiene un valor de 1**; es decir, **no hay factor de potencia**, puesto que toda cantidad multiplicada por la unidad, es la misma cantidad.

La fórmula a emplear con receptores puros, es pues la misma, únicamente que el resultado no se verá disminuido, puesto que no hay **factor de potencia**.

16. CORRIENTE DE SOLA UNA FASE

En las viviendas se utiliza una sola de las tres que lleva la red, para el cálculo de una sola fase, se hace como si fuese corriente monofásica; es decir, **no se multiplica por / 3,** y **el voltaje es el que exista entre fase y neutro** la fórmula a emplear será:

$$P = V\ I \cos n$$

Anteriormente, se ha dicho, que cuando los receptores son puros no existía desfase entre el voltaje y la intensidad de corriente, por tanto, el **coseno de n = 1**; **dentro de una vivienda tan sólo existe tres o cuatro receptores que puedan tener factor de potencia; como, un tubo fluorescente, el televisor, un receptor de radio, algún motor de pequeño electrodoméstico, el frigorífico**; pero como tienen un consumo tan bajo (menor de 1000 W), **y el tiempo funcionamiento de estos pequeños receptores es tan corto** que **normalmente no merece la pena tomarlo en consideración**; por lo que, dentro de una vivienda la fórmula que se emplea es la de:

$$P = V\ I$$

/ 3 = 1'73	Lamparas incandescentes y resistencias puras	Circuitos con factor de potencia
Sistema monofásico	$P = V\ I$	$P = V\ I \cos n$
	$I = \frac{P}{V}$	$I = \frac{P}{V \cos\varphi}$
Sistema trifásico	$P = \sqrt{3}\ V\ I$	$P = \sqrt{3}\ V\ I \cos n$
	$I = \frac{P}{\sqrt{3}.V}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3}.V.\cos\varphi}$

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 3
Máquinas eléctricas

Tema 2
Electrotecnia

Tema 2

Electrotecnia

ÍNDICE

1. Utilización de las maquinas eléctricas 1
2.Constitución general de una máquina eléctrica 2
3. Circuito magnético de las máquinas 2
4. Número de polos de las máquinas rotativas 5
5. Pérdidas de potencia en las máquinas 6
6. Pérdidas en el circuito magnético 7
7. Escobillas 8
8. Rendimiento de la máquina 9
9. Instalación de las máquinas eléctricas 10
10. Estabilidad de funcionamiento de las máquinas 10
11. Tipos de protección de las máquinas 12
12. Normas IEC 144/63 16
13. Arranque de máquinas eléctricas 17
14. Principio general de funcionamiento y disposición constructiva de las máquinas eléctricas 18
15. Formas constructivas de los motores eléctricos 21

Tema 2

Electrotecnia

1. UTILIZACIÓN DE LAS MAQUINAS ELÉCTRICAS

Definición y clasificación

Se conoce con el nombre de máquina eléctrica al sistema de mecanismos capaz de producir, transformar o aprovechar la energía eléctrica.

Las máquinas eléctricas son clasificadas en tres grandes grupos:

< Generadores.
< Motores y
< Transformadores.

Generadores: Son máquinas que **transforman energía mecánica en energía eléctrica**. Este grupo lo constituyen las **dinamos** (generadores de corriente continua) y los **alternadores** (generadores de corriente alterna).

Motores: Son máquinas que **transforman energía eléctrica en energía mecánica**. Así, pues, los motores realizan la función inversa de los generadores. Existen motores de muy diversas clases, por ejemplo, de corriente continua, asíncronos, síncronos, etc.

Transformadores y convertidores: Son máquinas que, en el desarrollo de su función, **conservan la forma de energía eléctrica**, pero **transforman sus características** con el fin práctico de ponerla en las condiciones más convenientes para efectuar su transporte o para facilitar su más cómoda utilización.

2. CONSTITUCIÓN GENERAL DE UNA MÁQUINA ELÉCTRICA

La constitución general de una máquina eléctrica puede ser examinada desde dos puntos de vista: el electromagnético y el mecánico.

- **Desde el punto de vista *electromagnético*** toda máquina eléctrica está provista de **un conjunto magnético** y **dos circuitos eléctricos**. En general, **uno de los circuitos eléctricos es llamado de *excitación***, ya que al ser recorrido por una corriente eléctrica produce los amperiovueltas necesarios para crear el flujo que se establece en el conjunto magnético de la máquina, **el otro circuito es el de utilización o de fuerza.**

- **Desde el punto de vista *mecánico*,** las máquinas eléctricas pueden ser clasificadas en **rotativas** y **estáticas**.

Máquinas *rotativas* son aquellas que están provistas de partes giratorias. A este grupo pertenecen las dínamos, alternadores, motores, etc. En ellas se distingue **una parte fija llamada *estator*** y **otra móvil que es el *rotor*.** En general, el rotor gira en el interior del estator y con el fin de permitir el movimiento **existe entre ambas partes un espacio de aire llamado *entrehierro.***

Máquinas estáticas son las que no disponen de partes móviles. Las más importantes son **los transformadores**.

3. CIRCUITO MAGNÉTICO DE LAS MÁQUINAS

El circuito magnético de las máquinas eléctricas es heterogéneo, es decir, que **está constituido de varias partes perfectamente distinguibles**, sea por estar formadas por materiales férricos diferentes, sea por estar sometidas a inducciones de distinto valor. Por otra parte, **dentro del circuito magnético son incluidos los entrehierros**.

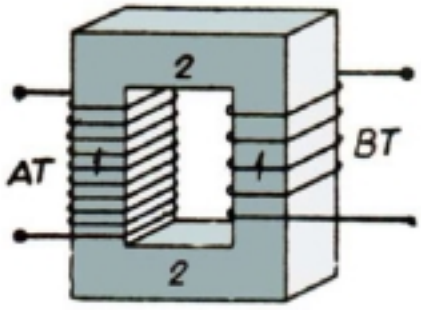


Figura 1 MÁQUINA ESTÁTICA

Los circuitos magnéticos son de formas totalmente diferentes según se trate de maquinas estáticas o rotativas.

Las **máquinas estáticas** presentan un circuito magnético similar al representado en la figura. 1, constituido por dos columnas (1) y dos culatas (2). Rodeando a las columnas van dispuestos los dos circuitos eléctricos **AT** y **BT** que se conectan a las redes de corriente alterna de alta y baja tensión. Por tal motivo, en el circuito magnético, se establece un flujo de sentido alternativo y valor variable.

En las **máquinas rotativas** la construcción de los circuitos magnéticos está basaba en electroimanes, a los que se les da el nombre de ***polos***. Se distinguen las máquinas de **polos salientes** y de **polos lisos**.

Los ***polos salientes*** (figura 2) son núcleos de hierro (**1**) rodeados por bobinas que al ser recorridas por una corriente eléctrica, originan un flujo que magnetiza la masa de hierro, creando en sus extremos los polos correspondientes. Como quiera que todas las masas polares de una máquina van sólidamente unidas a otra pieza también de hierro llamada ***culata*** (2), queda libre solamente uno de los extremos del núcleo de hierro, que es precisamente el que da nombre al **polo**. En estas máquinas se completa el circuito magnético con otra parte metálica llamada **armadura** (3) la cual va provista de ranuras en las que va alojado el segundo circuito eléctrico.

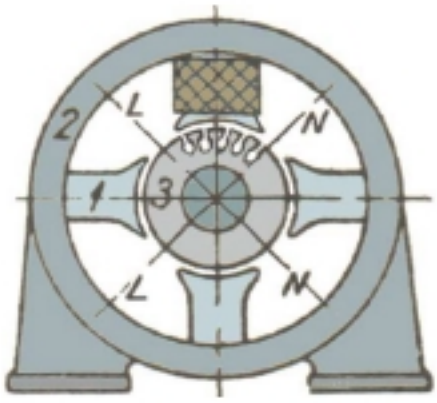


Figura 2 MÁQUINA CON ESTATOR DE POLOS SALIENTES

Dentro de **las máquinas de polos salientes**, es preciso distinguir **dos tipos** distintos:

1º Aquellas en las cuales los **polos salientes pertenecen a la parte fija o estatórica**. Es la ejecución típica de las dínamos y de los motores de corriente continua (figura 2).

2º. Aquellas en las cuales los **polos salientes pertenecen a la parte móvil**, es decir, que giran juntamente con la culata y el eje, formando un conjunto que se denomina ***rueda polar*** Es la construcción típica de **los alternadores y motores síncronos de grande y media potencia** (figura 3).

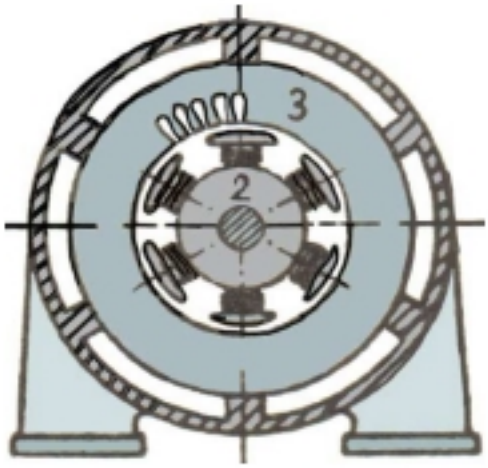


Figura 3 MÁQUINA DE ROTOR CON POLOS SALIENTES

En **las máquinas de *polos lisos***, éstos no aparecen de forma manifiesta, ya que en el conjunto magnético no existen partes salientes (figura 4). No obstante, en esas máquinas se forman zonas por las cuales sale el flujo desde la culata (polos Norte) o entra en ella después de recorrer la armadura (polos Sur). **Es la construcción típica de turboalternadores y motores de corriente alterna.**

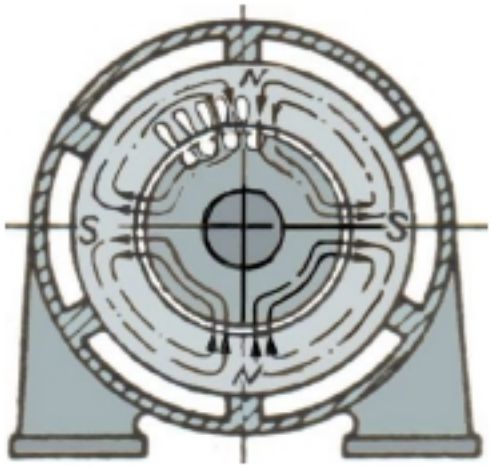


Figura 4 MÁQUINA DE POLOS LISOS

4. NUMERO DE POLOS DE LAS MÁQUINAS ROTATIVAS

En todo circuito magnético se distinguen **polos Norte**, zonas por donde salen las líneas de fuerza del flujo, y **polos Sur**, zonas por donde entran estas líneas de fuerza.

Siguiendo **el conjunto magnético de una máquina rotativa**, **se puede distinguir dos o más polos**. Por otra parte, teniendo en cuenta que el flujo que sale de un polo Norte tiene que entrar por un polo Sur, resulta que es totalmente necesario, para la correcta distribución de las líneas de fuerza, que **los polos sean alternativamente de polaridad contraria**; lo que exige que sea par el número total de polos de una máquina, siendo **la mitad de ellos de polaridad Norte** y **la otra mitad Sur**. El número total de polos de una máquina se designa por **2p** por lo que la letra **p** designa el número de **pares de polos**.

De acuerdo con el número de polos, las máquinas se clasifican, en:

- **bipolares** (2 polos) 2p = 2,
- **tetrapolares** (cuatro polos) 2p = 4,
- **exapolares** 2p = 6
- **octopolares** 2p = 8,
- **decapolares** con 2p = 10.
- Las máquinas cuyo **número de polos es mayor que diez** se denominan por ese número. Así existen alternadores de catorce polos 2p = 14, motores de 20 polos con 2p = 20, etc.

Figura 5 ESTATOR EXAPOLAR DE UN ALTERNADOR PARA MOTO

Eje de polo y línea neutra

El ***eje de polo*** es un plano radial que pasa por el **eje de simetría geométrica del polo**. Para conseguir una construcción correcta de las máquinas rotativas, es preciso que los polos estén colocados de tal manera que sus ejes queden equidistantes, es decir, que los ángulos geométricos fórmados por los ejes de los polos consecutivos sean iguales.

Línea neutra es el **plano radial equidistante de los ejes de dos polos consecutivos**. En la figura 2 las líneas neutras quedan señaladas con las letras **LN**. Dado que la línea neutra queda equidistante de los dos polos vecinos, que son de nombre contrario, **resultan compensados en ella los efectos magnéticos**, por cuya razón se le ha dado el nombre de línea neutra.

5. PERDIDAS DE POTENCIA EN LAS MAQUINAS

Generalidades

En toda máquina, **parte de la energía absorbida se convierte en calorífica**, perdiéndose para el efecto útil que se desea conseguir. Como consecuencia, **la potencia útil es siempre menor que la potencia absorbida.**

La parte de la energía absorbida, pero no aprovechada en el efecto útil, recibe el nombre de ***potencia perdida***.

Teniendo en cuenta la constitución de las máquinas, se distinguen las siguientes clases de pérdidas de potencia:

- Potencia **perdida en el hierro** del circuito magnético.
- Potencia **perdida en los conductores** que forman los circuitos eléctricos.
- Además, en las máquinas rotativas aparece otra pérdida de potencia a causa de los rozamientos y ventilación, cuyo total recibe el nombre de **pérdidas *mecánicas.***

6. PERDIDAS EN EL CIRCUITO MAGNÉTICO

Materiales magnéticos

Materiales magnéticos de una máquina son los que constituyen las partes de la misma en las que se establece el flujo necesario para su funcionamiento. Así, pues, **no se consideran como materiales magnéticos de la máquina, los soportes, el eje y otras partes que, aun siendo construidas de hierro y acero, no son recorridas por las líneas de fuerza.**

El material magnético casi únicamente empleado en la fabricación de máquinas eléctricas son **la fundición, el acero laminado o fundido** las distintas clases de **chapas magnéticas**. El material adecuado para una determinada parte del circuito magnético ***depende de la naturaleza del flujo*** que en ella se va a establecer, es decir, si ese flujo va a ser **constante** o **variable**.

Si el valor del **flujo en una determinada parte se mantiene constante en magnitud y sentido**, no se originan perdidas en el hierro en dicha parte, por lo que podrán ser utilizados ***núcleos masivos*** **formados de una sola pieza y construidos de acero moldeado, fundición o similares**.

En cambio, **si el flujo en una parte del circuito magnético ha de ser variable**, dará lugar a pérdidas en el hierro de esa parte, por lo que en tal caso es preciso recurrir al empleo de **chapas magnéticas**.

Pérdidas en el hierro

Como ya se ha dicho, **en toda parte del circuito magnético en la que exista un flujo variable se producen pérdidas de potencia**. Obsérvese la diferencia que en este aspecto existe con el circuito eléctrico, en el cual se presentan pérdidas de potencia siempre que son recorridos por una corriente eléctrica, tanto si es continua como si es alterna, mientras que en el caso del circuito magnético **no se producen pérdidas de potencia en aquellas partes en las que el flujo establecido es de valor constante**

La variación del flujo en una desterminada parte del circuito magnético puede resultar por cualquiera de los motivos siguientes:

1º. Porque el valor del propio flujo es alterno.

2º. Porque aun conservando el flujo un valor constante, presenta un movimiento relativo respecto a la parte considerada del circuito magnético. Ese movimiento relativo puede resultar de un desplazamiento del flujo, permaneciendo fija la parte que, se considera del circuito magnético o por un desplazamiento de dicha parte, conservándose fija la dirección del flujo.

Las pérdidas en el hierro son debidas a dos fenómenos distintos: Histéresis y **corrientes parásitas** o de **Foucault**.

Para **reducir la potencia perdida por histéresis es conveniente emplear chapa magnética**, de calidad garantizada, **que contenga una determinada proporción de silicio** y haya sido sometida a un adecuado proceso de recocido. Por otra parte, para reducir la pérdida de potencia por corrientes parásitas o de **Foucault** es conveniente que **las partes del circuito magnético, recorridas por un flujo variable, estén constituida por un cierto número de chapas de hierro de poco espesor** *(0,5* mm en las máquinas rotativas y 0,35 mm en los transformadores). **Además, las chapas estarán convenientemente aisladas entre sí**, aislamiento que en unos casos está constituido por el óxido que recubre las propias chapas, pero que en una construcción más perfecta es preciso efectuar el recubrimiento de las chapas **con papel o barniz aislante especialmente preparado para este objeto**. Además, al efectuar el montaje del núcleo magnético, es imprescindible **disponer las chapas de manera que queden en planos paralelos a la dirección del flujo,** o, lo que es igual, en planos perpendiculares al eje del rotor cuando se trata de máquinas rotativas (figura 6).

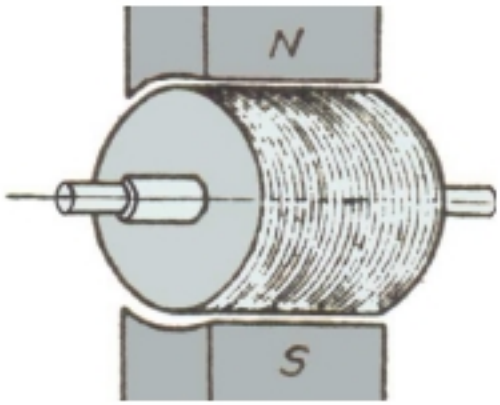


Figura 6. APILADO DE LAS CHAPAS EN EL ROTOR

7. ESCOBILLAS

Se da este nombre a las **piezas conductoras que al frotar sobre el colector, de delgas o de anillos, permiten el paso de la corriente eléctrica.** Las escobillas que se usan corrientemente son **electrografíticas** y **metalografíticas**.

En motores de anillos de arranque se emplean **escobillas metálicas de cobre o latón**, preparadas en láminas o tele metálica bien comprimida.

Las escobillas electrografíticas están compuestas de carbón y un aglomerante, que una ves recocido en el horno adquieren cohesión.

Las escobillas metalografíticas son una mezcla de carbón, grafito, cobre y otros metales, todos ellos finamente pulverizados y aglomerados en un proceso al horno eléctrico. Se distinguen de las anteriores por un color más rojizo y brillo metálico.

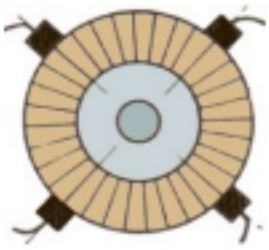


Figura 7 COLECTOR DE DELGAS CON CUATRO ESCOBILLAS

8. RENDIMIENTO DE LA MÁQUINA

Se entiende por rendimiento de una máquina (**η**) la relación que existe entre la potencia útil ($\mathbf{P_u}$) y la potencia absorbida ($\mathbf{P_a}$).

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}.100$$

Fórmula que nos indica en tantos por ciento el rendimiento de una máquina.

En muchas ocasiones no se conoce la potencia que consume el motor de la red ($\mathbf{P_a}$), sin embargo sí se sabe la potencia la potencia que puede entregar en su eje ($\mathbf{P_u}$), conociendo el rendimiento del motor se puede averiguar el consumo real.

Ejemplo

Cuanto consume un motor de 5 C.V. si su rendimiento es del 85 %.

$$P_a = \frac{5x736x85}{100} = 3.128W$$

9. INSTALACIÓN DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Indicación del sentido de rotación

En las máquinas rotativas es conveniente señalar el sentido de rotación. Cuando la máquina posee una sola salida de eje, se indicará como sentido de giro el que ve un observador que está **mirando al motor desde el lado de esta salida de eje**.

Si la máquina posee dos salidas de eje (o no posee ninguna), el sentido de giro será el visto por un observador colocado en el lugar que se indica a continuación.

- En el lado de la **salida de eje de más diámetro**, si las salidas son diferentes.
- El **lado opuesto al colector de delgas o de anillos** si la máquina dispone sólo de un colector.
- En el **lado del colector de anillos si la máquina dispone en un lado de colector de delgas y en el otro de colector de anillos**.

10. ESTABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LAS MAQUINAS

Generalidades

Una máquina eléctrica, durante su funcionamiento, puede estar sometida a variaciones más o menos fuertes de las características correspondientes a su régimen nominal. Así, por ejemplo, puede variar la tensión en bornes, la potencia útil, la velocidad, etc. Según la manera de comportarse en tales circunstancias **se clasifican las máquinas en estables e inestables.**

Se dice de **una máquina que es *estable*** cuando, a **cualquier variación de los valores característicos que fijan su régimen nominal responde automáticamente con una acción correctora que tiende a restablecer dicho régimen nominal**. Cuanto más intensa sea esta acción correctora, mayor es el *grado de estabilidad* de la máquina.

Inversamente, una **máquina es *inestable*,** cuando a una alteración de un valor o varios de los que caracterizan su régimen nominal, **responde automáticamente con una acción que tiende a reforzar dicha alteración, es decir, a alejarla aún más del régimen nominal**.

En **realidad, las máquinas eléctricas usadas, en la práctica son estables dentro de ciertos límites, pasados los cuales resultan inestables**.

Estabilidad de los generadores

A un generador eléctrico **se le exige como condición primordial, que mantenga la tensión en bornes dentro de unos límites muy próximos al valor nominal**. A los generadores de **corriente alterna se les exige además que la frecuencia no varíe sensiblemente.**

La estabilidad de un generador eléctrico debe ser examinada desde dos puntos de vista diferentes:

a) ***Estabilidad eléctrica.*** Un generador será estable, **cuando a una elevación de la intensidad de la corriente de carga solicitada por el circuito exterior de utilización, responde automáticamente con una disminución del valor de la tensión en bornes**.

En efecto, si no sucediera así, al aumentar la corriente de carga crecería también la tensión en bornes, que sería causa de un nuevo crecimiento de la intensidad de la corriente de carga, estableciéndose un encadenamiento sucesivo entre los aumentos de la tensión en bornes y la corriente de carga que haría que ambas alcanzaran valores elevados y peligrosos.

b) Estabilidad mecánica. Respecto a la acción del generador sobre el motor o turbina que lo arrastra. Un generador será estable, desde este punto de vista, cuando a **un aumento de velocidad del grupo, responde automáticamente con un crecimiento de la potencia útil suministrada al circuito exterior de utilización**, de donde resulta un aumento del par resistente ofrecido por el generador al motor o turbina y el consiguiente frenado del grupo.

Estabilidad de los motores

A un motor eléctrico se le exige, como condición primordial, que mantenga su velocidad dentro de unos límites próximos al valor nominal. En la práctica la alteración de la velocidad puede ser en dos sentidos distintos, aumento o disminución.

a) ***Aumento de velocidad.*** Cuando se presenta este caso, **un motor será estable si responde con una reducción del momento de rotación para que se restablezca el equilibrio**.

En cambio, el motor será inestable, si al aumentar la velocidad, respondiera con una elevación del momento de rotación que daría como resultado un nuevo crecimiento de la velocidad hasta llegar a ***embalarse***.

b) Disminución de velocidad. Cuando se presenta este caso, **un motor será estable si responde con un aumento del momento de rotación que restablezca el equilibrio**.

En cambio, el motor será inestable, si al disminuir la velocidad, respondiera con una reducción del momento de rotación, ya que esto haría perder velocidad al motor hasta llegar a quedar parado.

En **la inmensa mayoría de los motores, ocurre que son estables hasta cierto límite de reducción de velocidad a partir del cual se hacen inestables**. En efecto, cuando la reducción de velocidad es pequeña, el motor responde con un aumento del momento de rotación. Este momento sigue creciendo, mientras disminuye la velocidad, hasta llegar a tomar el *valor máximo.* A partir de ahora, cualquier nueva reducción de la velocidad determina una disminución del momento de rotación, con el resultado de que el motor se para.

11. TIPOS DE PROTECCIÓN DE LAS MAQUINAS

Clases de protección

Las máquinas eléctricas rotativas deben tener sus órganos interiores convenientemente protegidos, de **acuerdo con el lugar en que van a ser instaladas y el medio ambiente que las va a rodear**.

Según la importancia de la protección que llevan las máquinas se clasifican estas en diversas categorías. Las construcciones más usadas son las siguientes:

Abiertas: Son las máquinas más sencillas, desde el punto de vista de la protección de los bobinados y órganos interiores. En realidad **no disponen de protección especial alguna,** salvo un buen diseño de las partes mecánicas (carcasa y soportes).

Protección IP 00

Figura 8 CONTACTOR PROTECCIÓN IP 00

Protegidas contra goteo. Máquinas cuya carcasa y soportes son construidos de tal manera que **protegen los bobinados y órganos interiores, impidiendo la entrada de agua y otro líquido que caiga verticalmente**. **Disponen de ventanas para facilitar la adecuada refrigeración** de las partes interiores de la máquina.

Protección IP .1

La protección contra el goteo se representa con una gota de agua

Protección IP .7

Dos gotas de agua indica estaco, agua sin presión

Protección IP .8

Dos gotas de agua y tres puntos indican protección contra el agua a presión

Figura 9 EXTRACTOR DE AIRE PROTEGIDO CONTRA LA ENTRADA DE POLVO

Protegidas contra goteo y salpicadura. Máquinas construidas de forma tal que **impiden la penetración de cuerpos sólidos y la entrada de agua u otro líquido, proyectada incluso horizontalmente**, pero no impiden la entrada del líquido cuando va proyectado de abajo a arriba. Estas máquinas disponen de ventanas que facilitan la adecuada refrigeración de las partes interiores.

Protección IP .3

La **gota de agua se representa cerrada dentro de un cuadrado, indica protección contra el agua que caiga oblicuamente hasta una inclinación de 30º.**

Protección IP .4

Gota de agua dentro de triángulo, indica protección contra agua caliente en todas direcciones

Protección IP .5

dos gotas de agua dentro de dos triángulos, protección contra chorros de agua fría en todas direcciones.

Figura 10. EXTRACTOR DE AIRE PROTEGIDO DE FORMA HERMÉTICA

Cerradas. Máquinas construidas de forma tal que **impiden el cambio de aire entre el interior y exterior.** Esta construcción **protege los bobinados y órganos interiores de la entrada de agua u otro líquido proyectado en cualquier dirección.** Sin embargo, **no pueden ser consideradas como totalmente herméticas.**

Protección IP .5

Rejilla, protección contra el polvo

Rejilla encuadrada. Estanco al polvo

Dos cuadrados concéntricos. Protección contra contactos fortuitos de las piezas bajo tensión

Las máquinas cerradas pueden o no disponer de un ventilador propio, colocado exteriormente que impulse la refrigeración de la máquina. Cuando dispone de ventilador exterior se dice que **es *cerrada ventilada***, mientras que en caso contrario se conoce como ***cerrada sin ventilar***.

Figura 11. MOTOR HERMÉTICO CON VENTILADOR EXTERIOR

Figura 12 TRANSFORMADOR PROTEGIDO CONTRA CONTACTOS FORTUITOS Y CONTRA LA CAÍDA INCLINADA DE AGUA HASTA 30º

Antiexplosivas o antideflagrantes. Son máquinas construidas basado en disposiciones especiales que **les permiten funcionar en ambientes cargados de gases o polvos inflamables**. Son **máquinas totalmente cerradas, pero además la robustez de sus partes constitutivas y los dispositivos laberínticos dispuestos en la salida del eje, evitan se propague al exterior posibles explosiones producidas en el interior de la máquina.**

12. Normas IEC 144/63

El grado de protección de las máquinas eléctricas se designan con las letras

IP seguidas de tres cifras

La primera cifra (del 0 al 6) se utiliza para indicar la **protección contra la penetración de cuerpos sólidos.**

La segunda cifra (del 0 al 8) indica la **protección contra la entrada de líquidos**

La **última cifra** indica la **protección contra daños mecánicos**.

Alguna cifra como **la tercera suele omitirse, cuando se omite una cifra se sustituye por un guión.**

Grados de protección de las envolventes del material eléctrico

1ª Cifra característica		2ª Cifra característica		3ª Cifra característica			
Protección contra los contactos y la penetración de cuerpos sólidos		Protección contra la penetración de líquidos		Protección contra daños mecánicos			
				Peso*		Altura de la caída	Energía del choque
				Kg.		m	J
0	No protegido	0	No protegido	0	No protegido		
1	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm	1	Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua	1	0,15	0,15	0,225
2	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm	2	Protegido contra las caídas verticales de gotas verticales (ángulo máximo 15º)	2	0,15	0,25	0,375
3	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm	3	Protegido contra el agua de "lluvia"	3	0,25	0,20	0,50
4	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm	4	Protegido contra las proyecciones de agua				
5	Protegido contra el polvo	5	Protegido contra el lanzamiento de agua	5	0,50	0,40	2
6	Totalmente protegido contra el polvo	6	Protegido contra los "golpes de mar"				
		7	Protegido contra los efectos de inmersión	7	1,50	0,40	6
		8	Protegido contra la inmersión prolongada				
				9	5	0,40	20

13. ARRANQUE DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Momento de rotación

Sobre los conductores del bobinado inducido de las máquinas rotativas **se desarrollan fuerzas electrodinámicas que hacen rotar a la parte giratoria de la máquina**.

Cada una de las fuerzas electrodinámicas determina su correspondiente momento y dado que todas las fuerzas deben ejercer su acción en mismo sentido. La suma de todos los momentos elementales constituye el momento de rotación de la máquina. Su **acción respecto al movimiento es distinto según se trate de un generador o de un motor**.

A) En los generadores el momento de rotación se opone al movimiento de arrastre del motor o turbina que lo acciona, de acuerdo con la ley de la causa y el efecto; por eso es llamado momento resistente del generador, conocido también con el nombre *de* ***par resistente***.

B) En los motores, el momento de rotación es el que determina el giro del motor, por lo que recibe el nombre de **par *motor***. En los motores se pueden distinguir tres formas de momento de rotación distintas según el estado de funcionamiento.

Arranque. El instante en el cual se cierra el interruptor de la linea de alimentación del motor. Entonces, para que el motor pueda arrancar, es preciso **vencer la resistencia que le ofrecen los rozamientos y la inercia de las partes móviles**. El momento de rotación desarrollado por el motor en tal instante, recibe el nombre de **par *de arranque o momento de rotación en el arranque***.

Aceleración. El periodo de aceleración dura **desde el instante de arranque hasta aquel en que el órgano giratorio del motor alcanza la velocidad nominal**. El momento de rotación durante este período es muy variable, dependiendo del tipo de motor y de su construcción.

Régimen nominal. Cuando el **motor funciona a su régimen nominal** el momento de rotación correspondiente recibe el nombre de ***par motor nominal* o momento de rotación nominal.**

14. PRINCIPIO GENERAL DE FUNCIONAMIENTO Y DISPOSICIÓN CONSTRUCTIVA DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Cuando un conductor está inmerso en el seno de un campo magnético y por él se hace pasar una corriente eléctrica, aparece una fuerza de carácter electromagnético que tiende a desplazarlo.

El valor de la fuerza aumenta con la intensidad de la corriente, con el valor de la indicción del campo magnético y con la longitud del conductor.

El campo magnético se crea mediante bobinas alojadas en el estator de la máquina. En el rotor se sitúan los conductores en los que se va a desarrollar la fuerza cuando sean recorrido por una corriente eléctrica.

A modo de ejemplo constructivo de los motores eléctricos, en la figura 13 se muestra el aspecto de un motor de rotor bobinado.

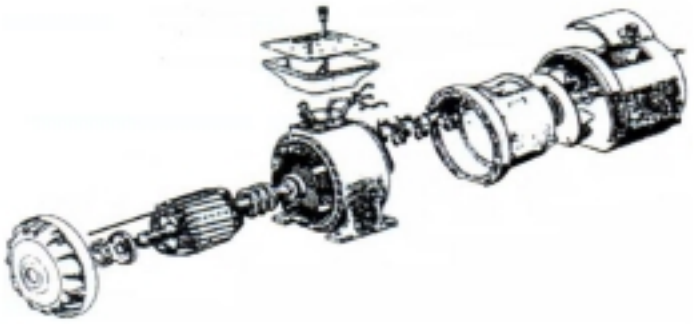


Figura 13 DESPIECE DE MOTOR DE ROTOR BOBINADO

Las **partes principales que forman un motor** son:

Rotor: Es la **parte que gira**. Los conductores se alojan en ranuras practicadas en un núcleo formado por chapas magnéticas (para evitar pérdidas en el hierro) y de forma cilíndrica. El rotor posee un tamaño muy similar al hueco dejado por el estator con el fin de que el entrehierro sea lo más pequeño posible. De esta forma, se facilita la conducción de las líneas de campo magnético desde el estator hacia el rotor y se evitan al máximo los flujos dispersos. Por esta razón **al montar las diferentes partes de un motor eléctrico, es muy importante realizar una correcta alineación del rotor, apoyándolo correctamente en sus cojinetes. Además, conviene comprobar si el rotor está perfectamente equilibrado**, ya que un reparto no uniforme de las masas del devanado o del núcleo puede producir oscilaciones.

Estator: Es la **parte que permanece sin movimiento**. Las bobinas, encargadas de producir el campo magnético inductor, se alojan en ranuras practicadas en un núcleo formado, por lo general, por paquetes de chapa magnética. De esta forma, se consigue que los conductores ocupen menos espacio.

Carcasa: Es la **cubierta metálica que protege al motor de las acciones exteriores**.

Ventilación: Al igual que ocurre con los transformadores los motores producen una serie de pérdidas en los devanados (pérdidas en el cobre) y en los núcleos magnéticos (pérdidas en el hierro) a los que se les suma las pérdidas producidas por los rozamientos mecánicos en los puntos de apoyo del rotor. Estas pérdidas se convierten en calor, que si no es evacuado, de una forma adecuada, puede elevar la temperatura de la máquina y perjudicar a los aislamientos de los devanados. Para evitarlo, **se suele acoplar un ventilador al rotor, que impulsa el aire por el interior de la máquina y elimina con eficacia el exceso de calor.**

Caja de bornes: Sirve para alojar los diferentes terminales de los devanados **para poder ser conectados, según convenga,** al circuito de alimentación.

Conjunto de colectores y escobillas: En las **máquinas de corriente continua**, se hace necesario disponer de este dispositivo acoplado al eje del rotor. Consta de un conjunto cilíndrico de láminas conductoras (delgas), aisladas una de otras y sobre las cuales frotan las escobillas. Las escobillas son de grafito y su función es la de realizar la conexión, por contacto deslizante, de los circuitos eléctricos en movimiento del rotor con los circuitos del estator o de la propia alimentación de corriente del motor. Por otro lado, **los motores asíncronos de rotor bobinado son máquinas de corriente alterna, que utilizan anillos colectores y escobillas**.

Clases de servicio de los motores eléctricos: Para elegir el motor más adecuado para una determinada aplicación, es importante tener en cuenta si el **motor va a estar funcionando continuamente** O lo va a hacer **de una forma intermitente**, ya que de esto dependerá el calentamiento del mismo. De esta forma, se podrá seleccionar un motor más pequeño para funcionar intermitentemente que continuamente.

Las clases de servicio se clasifican según las normas VDE 0530 con las **siglas de S1 a S8.** Así, por ejemplo:

S1: le corresponde a motores con **funcionamiento continuo y con carga constante** (servicio permanente: el motor de una depuradora)

S2: el motor **funciona sólo durante un pequeño instante** a su potencia nominal y después **se para un tiempo suficiente como para que alcance la temperatura del medio ambiente** (el motor de la puerta de un garaje).

S3, S4, S5 y S6: el motor **funciona de una forma intermitente. El tiempo de parada no es suficiente para que el motor se enfríe hasta la temperatura ambiente.**

S7: el motor **funciona intermitentemente a plena carga y en vacío.**

15. FORMAS CONSTRUCTIVAS DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS

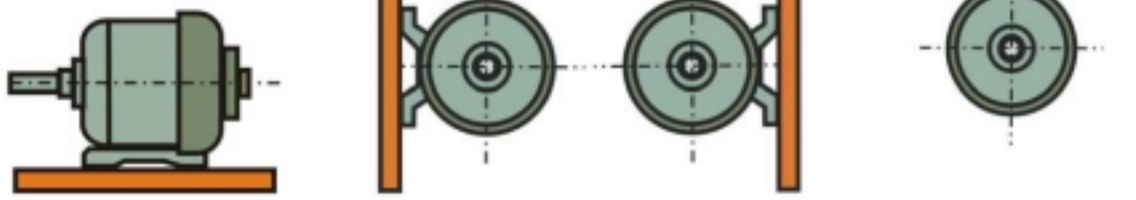
Con relación a la forma de anclaje del motor en la máquina y según la **nomenclatura CEI 34-7 y DIN 42950 y UNE 20-112-74** las construcción del los motores pueden ser:

B 3: con patas y anclado al suelo

B 6 y B 7: con patas y anclado a la pared eje a derecha, o eje a izquierda

B 8: con patas y anclado al techo

Motores con patas



B3 B6 B7 B8

B 5: con bridas de agujeros pasantes sujeto lateralmente

V 1: con brida de agujeros pasantes anclado al suelo

V 3: con bridas de agujeros pasantes, anclado al techo

Motores con bridas de agujeros pasantes

B5 V1 V3

B 10: con bridas de agujeros pasantes, parte del motor empotrado, anclado lateral

V 10: con bridas de agujeros pasantes, parte del motor empotrado, anclado al suelo

V 14: con bridas de agujeros pasantes, parte del motor empotrado, anclado al techo

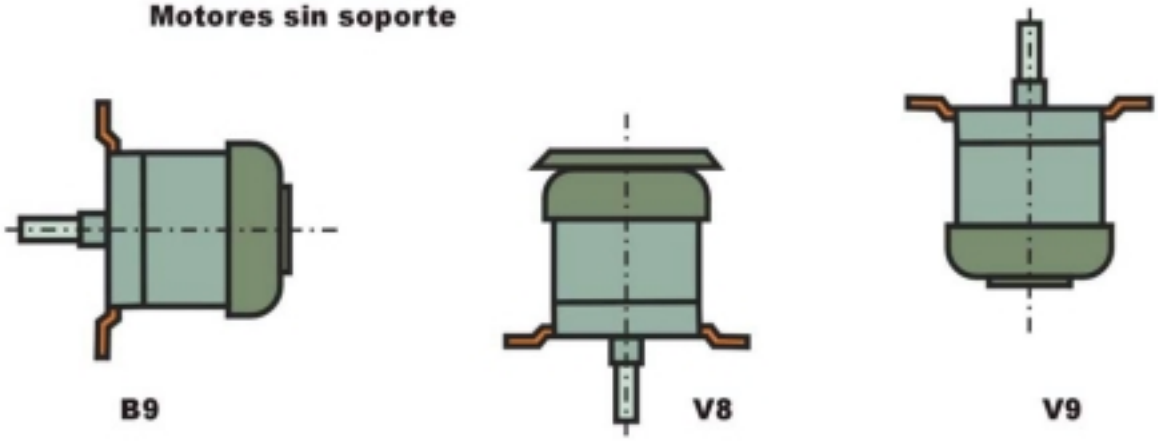
Motores con bridas de agujeros pasantes, parte del motor empotrado

B 9: sin soporte, colocación lateral

V 8: sin soporte, colocación al suelo

V 9: sin soporte, colocación al techo

Motores sin soporte

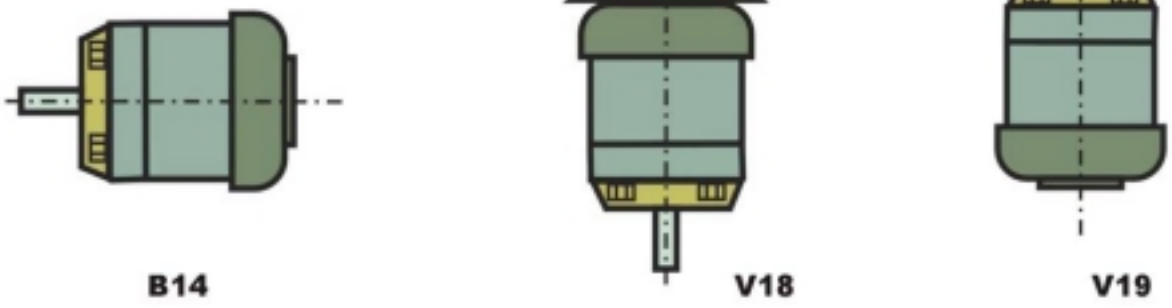


B 14: con brida de agujeros roscados, colocación lateral

V 18: con bridas de agujeros roscados, sujeción al suelo

V 19: con bridas de agujeros roscados sujeción al techo

Motores con brida de agujeros roscados



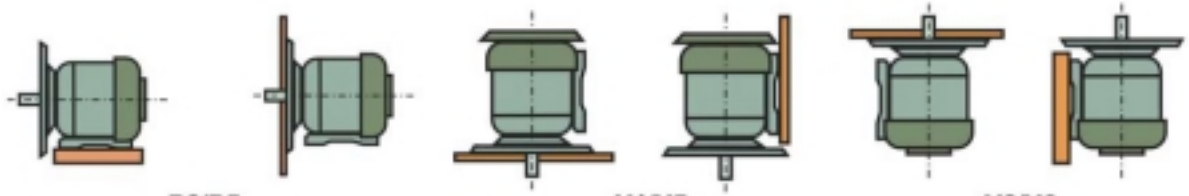
B14 V18 V19

B 3/B 5: con bridas y patas, sujeción a pared o suelo

V 1/V 5: con brida y patas, sujeción a suelo o pared

V 3/V 6 con bridas y patas, sujeción a techo o pared

Motores con bridas y patas



B3/B5 V1/V5 V3/V6

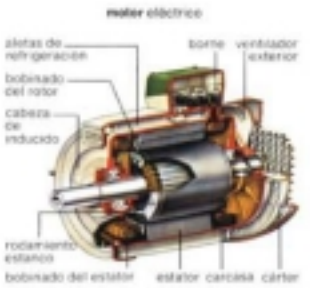
CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 3
Equipos e instalaciones de distribución
y suministros de energía en Baja Tensión

Tema 3
Motores y maniobras



Tema 3

MOTORES Y MANIOBRAS

ÍNDICE

1. Tipos de motores y características técnicas 1
2. Motor asíncrono trifásico 2
3. Principio de funcionamiento 3
4. Campo giratorio 3
5. Motor asíncrono de rotor en cortocircuito 6
6. Conexión de un motor asíncrono trifásico 7
7. Funcionamiento en servicio del motor de rotor en cortocircuito 9
8. Motor asíncrono de rotor bobinado o de anillos deslizantes 10
9. Motor monofásico de inducción de rotor en cortocircuito 12
10. Motor de fase partida 12
11. Motor con condensador de arranque 13
12. Inversión de giro en el motor monofásico 15
13. Motores de corriente continua 17
14. Conexiones de los motores de corriente continua 22
15. Motores universales 25
16. Motores especiales 25
17. Servomotores 25
18. Motores paso a paso 27
19. Motores Brushless 32
20. Sistemas para arranque de motores 34
21. Regulación de la velocidad 35
22. Inversor de giro 41
23. Frenado 42

TEMA 3

MOTORES Y MANIOBRAS

1. TIPOS DE MOTORES Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Dependiendo del tipo de corriente a utilizar y de las caracteristicas de construcción los motores se clasifican como se resume en la tabla 1.

CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES	
CORRIENTE ALTERNA	Asíncronos Síncronos De colector Monofásicos
CORRIENTE CONTINUA	Serie Shunt Compound Independiente
UNIVERSALES	Con inducido
ESPECIALES	Servomotor Paso a paso Brushless

Tabla 1

2. MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO

Son **los más utilizados en la industria** por su sencillez, y fácil o casi nulo mantenimiento. El motor asíncrono trifásico es una máquina eléctrica que **funciona en cualquier posición**, lo que le hace adaptable a todo uso. El principio de funcionamiento se basa en los fenómenos de inducción electromagnética. **Poseen un buen par de arranque y consiguen mantener su velocidad bastante estable** para diferentes regímenes de carga. **Su velocidad depende de la frecuencia que se le aplica y del número de polos que forma su bobinado**. Por lo tanto, la forma de regular la velocidad de giro consiste en alimentarlos a través de variadores electrónicos de frecuencia o conmutadores de polos.

Dependiendo del tipo de rotor que utilicen, existen dos tipos fundamentales:

- Motores de **rotor en cortocircuito** o jaula de ardilla y
- Motores de **rotor bobinado**.

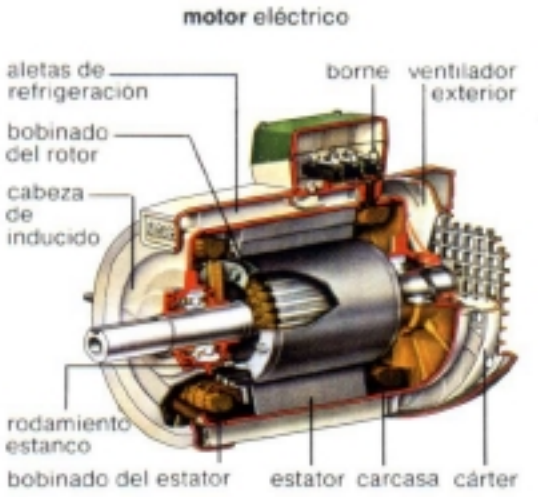


Figura 1 MOTOR DE ROTOR EN CORTOCIRCUITO

Figura 2 MOTOR DE ROTOR BOBINADO

3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Si se dispone de **un imán en forma de U**, de tal forma que pueda girar por su eje central mediante una manivela (figura 3). Muy próximo a los polos se sitúa un disco de material conductor (cobre o aluminio), de tal forma que también pueda girar.

Cuando sé hacer girar el imán permanente se puede observar que el disco también gira, pero a un poco menos velocidad que el imán.

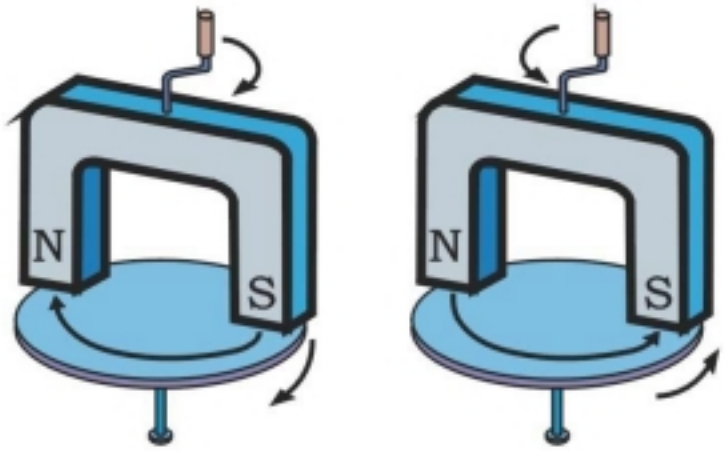


Figura 3 GIRO POR INDUCCIÓN

El imán, en su giro, hace que las líneas de campo magnético que atraviesan el disco sean variables (movimiento relativo del campo magnético frente a un conductor eléctrico fijo), por lo que según el principio de inducción electromagnética (ley de Faraday) en el disco se induce una f.e.m. que, al estar en cortocircuito, hace que aparezcan unas corrientes eléctricas por el mismo. Al estar estas corrientes eléctricas inmersas en el campo magnético del imán, se originan en el disco un par de fuerzas que ponen el disco en movimiento, siguiendo al campo magnético. El disco puede ser lo mismo de cobre como de alumino pero nunca puede alcanzar la misma velocidad de giro que el imán, ya que si ocurriese esto, el movimiento relativo de ambos se anularía y el campo magnético dejaría de ser variable, por lo que desaparecería la f.e.m. inducida y con ella el par de fuerzas.

4. CAMPO GIRATORIO

Si se consigue crear un campo giratorio aprovechando las variaciones de corriente de un sistema de corriente alterna trifásica, como el desarrollado por el imán de la experiencia anterior, se podrá hacer girar el roto de un motor asíncrono.

En el estator se alojan tres bobinas desfasadas entre sí 120º. Cada una de estas bobinas se conecta a cada una de las fases de un sistema trifásico, por lo que por cada una de ellas circularán las corrientes instantáneas i_1 i_2 e i_3 (figura 4). Analizando los valores que alcanza el flujo magnético creado por cada una de estas corrientes en cada instante del tiempo, se comprueba que se genera un campo magnético de carácter giratorio.

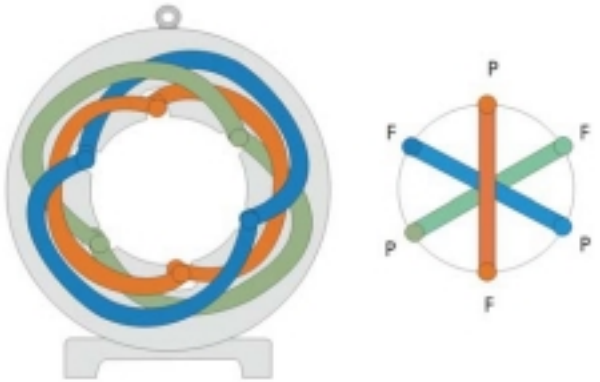


Figura 4 ALOJAMIENTO DE BOBINAS EN EL MOTOR

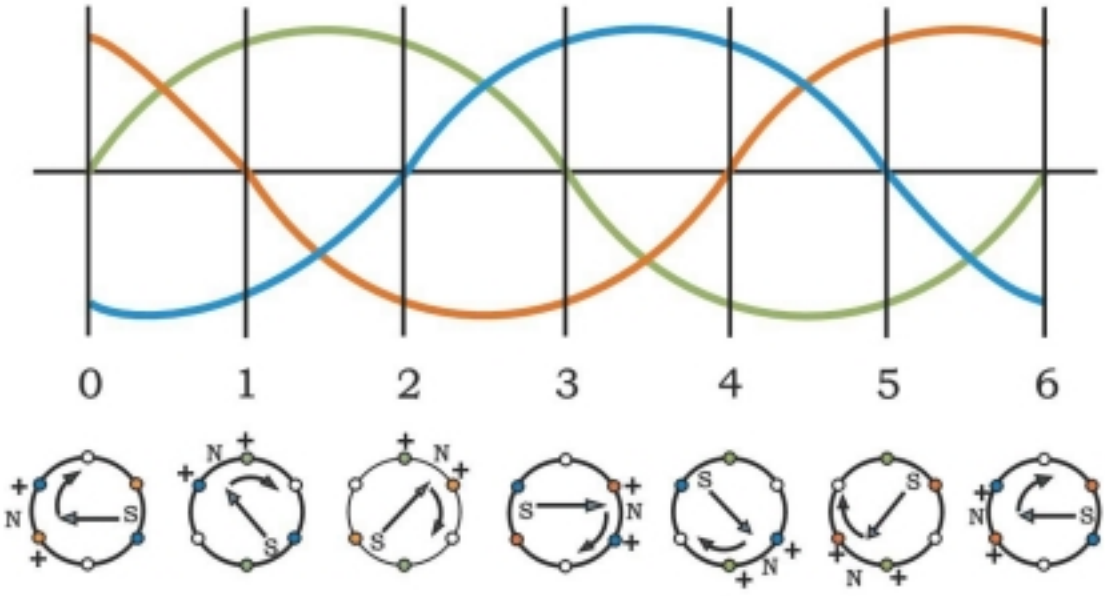


Figura 5 CAMPO MAGNÉTICO GIRATORIO

Para el **instante (0)** la corriente de una fase es cero la segunda fase posee un valor positivo y la tercera negativo, lo que provoca un campo magnético instantáneo del sentido marcado por la flecha de la figura 5 **(0)**. En el **punto (1)**, la segunda fase es cero mientras que la fase una es positiva y creciendo de valor la tercera fase sigue siendo negativa pero decreciente en valor, en la **postura 2** la tercera fase ha llegado a cero, mientras que la fase uno es positiva pero comienza a disminuir de valor la segunda fase ahora es negativas y aumentando de valor, el valor predominante de los polos ha hechos que el campo magnético haya pasado del punto (0) al (2) girando cada vez un sexto del total positiva, por lo que, tal como se puede observar en la figura 5, el campo magnético ha avanzado 1/6 de ciclo. Si se sigue estudiando punto por punto, se llaga al **punto (6)** donde comienza de nuevo el ciclo del campo giratorio, que en este caso avanza a la misma velocidad angular que el de la pulsación de la corriente.

La velocidad del campo giratorio depende del número de polos que se consigan al realizar los devanados en el estator. En la explicación se ha empleado un devanado de un par de polos. Por lo que la velocidad conseguida por el campo giratorio coincide con la pulsación angular, es decir:

$$w = 2\pi f \text{ (radianes/segundo)} = 60\, f \text{ (revoluciones por segundo)}$$

Si se dispone un bobinado con dos pares de polos se necesitarán dos ciclos completos para conseguir una revolución completa del campo giratorio, por lo que la expresión general de la velocidad del mismo podria quedar así:

$$n = \frac{60\,f}{p}$$

n = nº de revoluciones por minuto (r.p.m.)

f = frecuencia de la red en Hz

p = nº de pares de polos

Así, por ejemplo, con un par de polos en una frecuencia de 50 Hz se consigue una velocidad del campo giratorio de:

$$n = \frac{60x50}{1} = 3.000\ rpm$$

Para dos pares de polos se consigue la mitad de revoluciones, es decir 1500 r.p.m.

(En el **tema 6, del 2º Módulo**, ya se ha tratado ampliamente este asunto).

5. MOTOR ASÍNCRONO DE ROTOR EN CORTOCIRCUITO

En **el estator** de estos motores se disponen las bobinas encargadas de producir el campo magnético giratorio; estas se alojan en ranuras practicadas en un núcleo formado, por lo general, por paquetes de chapa magnética. En la figura 6, puede verse un estator en su carcasa y fuera de la carcasa. Las seis puntas de las bobinas se llevan a los bornes de conexión, para que puedan conectarse en estrella o en triángulo.

Figura 6 ESTATOR DE MOTOR ASÍNCRONO

El rotor está formado por conductores de aluminio alojados en las ranuras del núcleo y cortocircuitados por sus extremos mediante unos anillos (figura 7). A este rotor también se le da el nombre de jaula de ardilla por la semejanza a ese objeto. En motores de pequeña potencia, el rotor se construye fundiendo en un bloque integral unas varillas de aluminio junto con los anillos.

Figura 7 ROTOR DE JAULA CON UNA TAPA Y VENTILADOR

Su funcionamiento es como sigue: Al ser recorridas las bobinas del estator por un sistema de corrientes trifásicas, se origina un campo magnético giratorio que, al cortar los conductores del rotor, induce en ellos una f.e.m. y que, al estar estos en cortocircuito, provoca la circulación de una corriente por dichos conductores.

La interacción de las corrientes rotóricas con el campo magnético del estator da lugar a un par motor que hace girar el rotor en el mismo sentido que el campo magnético.

La velocidad del rotor nunca se puede alcanzar a la del campo giratorio, ya que de ser estas iguales no se induciría tensión alguna en el rotor, por lo que **el rotor siempre gira a una velocidad inferior a la de sincronismo** (**de ahí viene el nombre de asíncrono**). De esta forma, se define **el deslizamiento de un motor asíncrono**, como la diferencia de estas velocidades expresada en tantos por ciento:

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} 100$$

S = deslizamiento en %

n_s = velocidad teórica

n = velocidad real

Así, por ejemplo, el deslizamiento de un motor asíncrono que posea una velocidad de sincronismo de 1500 r.p.m. y que gire a plena carga a una velocidad de 1470, tendrá un deslizamiento de:

$$S = \frac{1500 - 1470}{1500} x100 = 2\%$$

Cuando el motor trabaja en vacío, el deslizamiento es mínimo (aproximadamente el **0,1 %**). **Al arrastrar la carga** nominal, el motor tiende a frenarse y el deslizamiento aumenta un poco (del orden del **4 %**). Hay que pensar que el par de fuerzas que se desarrolla en el rotor depende de la corriente que por éste circule, y esta fuerza depende, a su vez, de la f.e.m. inducida en los conductores del mismo. Por esto **cuanto mayor sea el esfuerzo a realizar por el motor, el rotor tenderá a frenarse** (aumento del deslizamiento y del movimiento relativo del campo magnético respecto a los conductores del rotor), para conseguir una mayor f.e.m. inducida y, por tanto, una mayor corriente rotórica y, en definitiva, un mayor par de fuerzas.

6. CONEXIÓN DE UN MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO

El devanado trifásico del estator de un motor asíncrono se puede conectar en estrella o en triángulo, dependiendo de la tensión de la red y la que se indique en la placa de características del motor. Todos los motores trifásicos pueden funcionar a dos tensiones diferentes.

Así, por ejemplo, en un motor que en su placa de características aparezcan las tensiones: **380/220 V**, indica que se puede conectar en **estrella a la tensión mayor (380)** o en **triángulo la tensión menor (220)**.

El nuevo reglamento de baja tensión, ha subido estas tensiones a **400/230 V**, así que en la actualidad, todos los motores que ya estaban instalados lo hacen ahora a una tensión más elevada, y seguirán así durante bastante tiempo, mientras que no se quemen seguirán trabajando. Cuando se quemen, **la solución no será rebobinarlos sino sustituirlos por motores a la nueva tensión nominal de 400/230 V**.

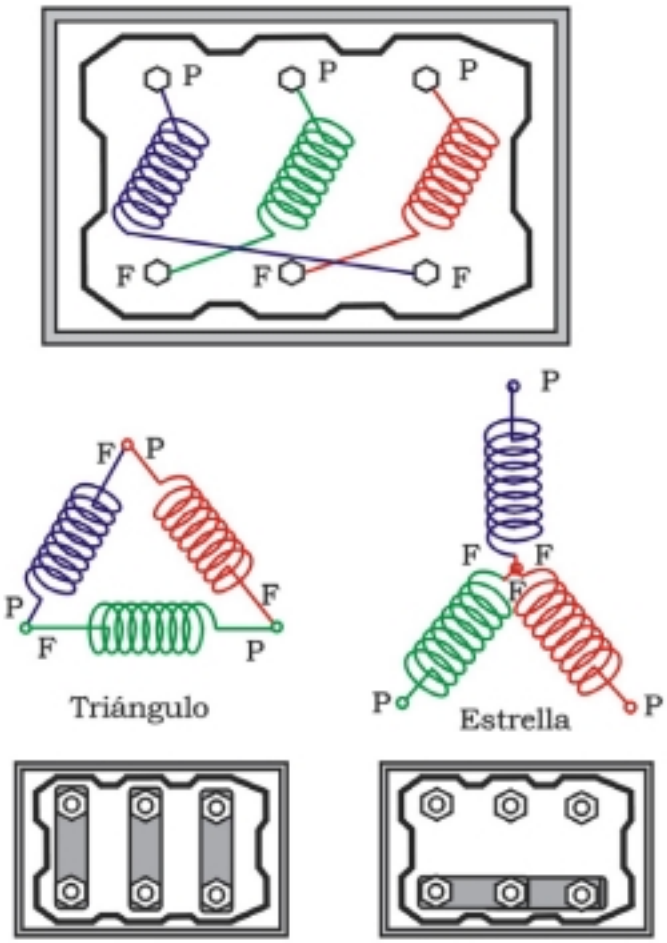


Figura 8 BORNES DEL MOTOR CONEXIÓN EN TRIÁNGULO Y EN ESTRELLA

En la figura 8, se muestra la disposición en que se adopta para las puntas de bobinas en la caja de bornes del motor. **Cambiando las tres chapitas de puentes, el motor queda conectado en estrella (tensión mayor), o en triángulo (tensión menor)**. Para conseguir la conexión en estrella, se unen los finales **X-Y-Z**. La conexión en triángulo se realizar con facilidad al unir los terminales (**U-X**), (**V-Y**), (**W-Z**). En la conexión Estrella, si se prefiere conectar las tres fases por debajo, bastará con colocar el puente en los tres bornes de arriba, ya que la nomenclatura **U V W**, **X Y Z**, es relativa, dependiendo por donde entre la corriente. Por esta razón estas letras no parecen en el bornero del motor.

7. FUNCIONAMIENTO EN SERVICIO DEL MOTOR DE ROTOR EN CORTOCIRCUITO

Arranque

Al conectar las bobinas del estator de un motor trifásico, permaneciendo el rotor sin movimiento, en un principio, el campo giratorio corta los conductores del rotor induciendo en los mismos, como si fuese un transformado, una f.e.m. elevada (de la misma frecuencia que la del estator), que a su vez, producirá una fuerte corriente (puede llegar a ser de cientos de amperios). Estas corrientes, al interactuar con el campo magnético, producen elevadas fuerzas mecánicas que, al actuar sobre el rotor, **le proporcionan un fuerte par de arranque**.

Al igual que ocurre con los transformadores (el estator actúa como el primario y el rotor como el secundario); la fuerte corriente del rotor genera, a su vez, un campo magnético que intenta modificar el flujo común. Como éste sólo depende de la tensión aplicada al estator, aparece un incremento de corriente en el mismo que intenta compensar la f.e.m. producida por el rotor. De esta forma, cuando aumenta la intensidad rotórica también lo hace la corriente estatórica, que corresponde a la corriente tomada de la red por el motor. **En el arranque se produce, por tanto, una elevación de la corriente absorbida por el motor de la red**, que, como se verá más adelante, a veces conviene suavizar.

Aceleración y carga

Tan pronto empieza a circular corriente por el rotor parado, éste empieza a girar con un movimiento acelerado y en el mismo sentido que el campo giratorio, por lo que el movimiento relativo entre el campo y el rotor diminuye y con él, la f.e.m. Inducida y la corriente (según disminuye el deslizamiento, la frecuencia del rotor f_2 va también disminuyendo), **si el motor está vacío, rápidamente se alcanza una velocidad muy próxima a la de sincronismo**. Si se aplica una carga mecánica resistente al eje del motor, el rotor tenderá a perder velocidad hasta alcanzar un equilibrio entre el par motor creado por el mismo y el par resistente ofrecido por la carga.

Si se aplica una carga mecánica resistente que sobrepase el par máximo que puede proporcionar el motor, éste tiende a pararse. Esto siempre debe de evitarse, ya que al estar el rotor bloqueado, tanto las corrientes rotóricas como las estatóricas se elevan muchísimo, pudiendo provocar la destrucción del motor si no se le desconecta rápidamente.

Se puede decir que **el motor intenta desarrollar un par motriz exactamente igual al par opuesto por el resisente de la carga**.

8. MOTOR ASÍNCRONO DE ROTOR BOBINADO O DE ANILLOS ROZANTES

En estos motores, el estator posee las mismas características que el del motor de rotor en cortocircuito, pero **el rotor se construye insertando un devanado trifásico en las ranuras de un núcleo cilíndrico de chapas magnéticas**. Este devanado se conecta normalmente en estrella y los tres terminales restantes se conectan a tres anillos rozantes. Unas escobillas frotan estos anillos y permiten conectar unas resistencias externas en serie con el fin de poder limitar la corriente rotórica (figura *9*).

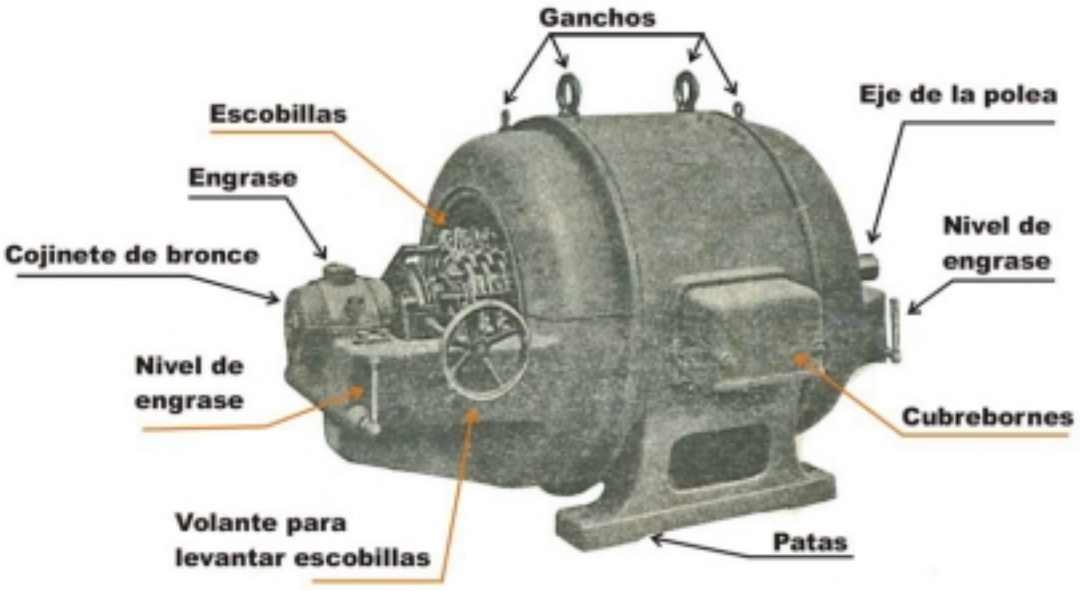


Figura 9 MOTOR ASÍNCRONO DE ROTOR BOBINADO

En la placa de características de estos motores aparecen tres nuevos terminales correspondientes al bobinado del rotor, que para no confundirlos con los del estator se indican con las letras minúsculas **u**, **v**, **w**.

El principio de funcionamiento es exactamente igual que el del rotor en cortocircuito, pero ahora es posible la regulación directa de la corriente rotórica y con ella, la propia corriente del estator.

Este sistema tiene la ventaja de que no es necesario disminuir la tensión en el estator para disminuir el flujo y, con él, la corriente rotórica, que siempre trae consigo una reducción del par motor.

El arranque se hace en sucesivos escalones, obteniendo un arranque con corriente suave en el estator con un buen valor de las resistencias rotóricas, con el par máximo.

El gran inconveniente que presentan estos motores frente a los de jaula de rotor en cortocircuito es que **resultan bastante más caros y necesitan de un mayor mantenimiento**. **En la actualidad el control electrónico de los motores asíncronos de rotor en cortocircuito ha desplazado en casi todas las aplicaciones al motor de rotor bobinado**, quedando este último para casos especiales donde se requiera un par de arranque muy elevado (grúas, instalaciones de media tensión, etc.).

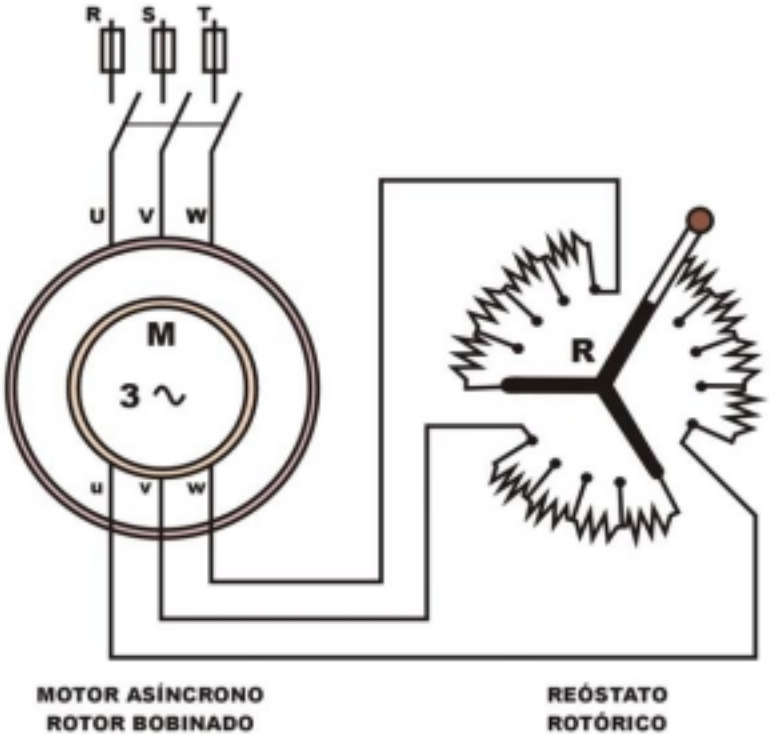


Figura 10 MOTOR ROTOR BOBINADO CON REÓSTATO ROTÓRICO

Los motores de rotor bobinado llevan reóstato de arranque (figura 10) para poner todas las resistencias en serie con el devanado del inducido. **Conforme adquiere velocidad se quitan resistencias, hasta poner en corto circuito las tres puntas de la estrella del rotor, en este momento se puede levantar las escobillas del rotor, y evitar el desgaste por el roce**, al manipular el volante que alzan las escobillas, al mismo tiempo entran tres cuchillas que ponen en corto el bobinado en estrella del rotor. **Cuando se para el motor, se vuelven a bajar las escobillas y se coloca el reóstato de arranque en la posición de inicio para la próxima arrancada**. Si no se hace esta operación, cuando se ponga en marcha de nuevo, el motor arranca normalmente, lo único que sucede es que consume igual que un motor de jaula de ardilla durante el tiempo de arranque.

9. MOTOR MONOFÁSICO DE INDUCCIÓN DE ROTOR EN CORTOCIRCUITO

Debido a la sencillez, robustez, bajo precio y a la ausencia de chispas, los motores de campo giratorio se construyen también para corriente alterna monofásica. Se utilizan en aquellas instalaciones donde no se dispone de suministro trifásico, como por ejemplo, aplicaciones domésticas (figura 11).

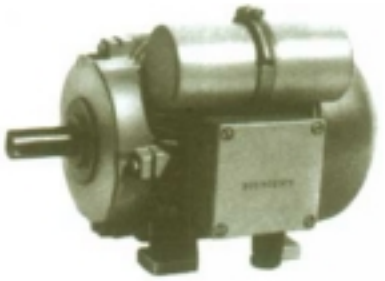


Figura 11 MOTOR MONOFÁSICO CON CONDENSADOR DE ARRANQUE

Al igual que los trifásicos, están constituidos por un rotor de jaula de ardilla y un estator donde se alojarán los devanados inductores. Existiendo **distintos tipos de monofásicos**: **De fase partida, con condensador de arranque, o con espira en cortocircuito**.

10. MOTOR DE FASE PARTIDA

En este sistema el estator tiene un bobinado monofásico que al ser sometido a una tensión alterna senoidal, crea un campo magnético alternativo y fijo, que no es capaz de provocar un par de arranque efectivo en el rotor (figura 12).

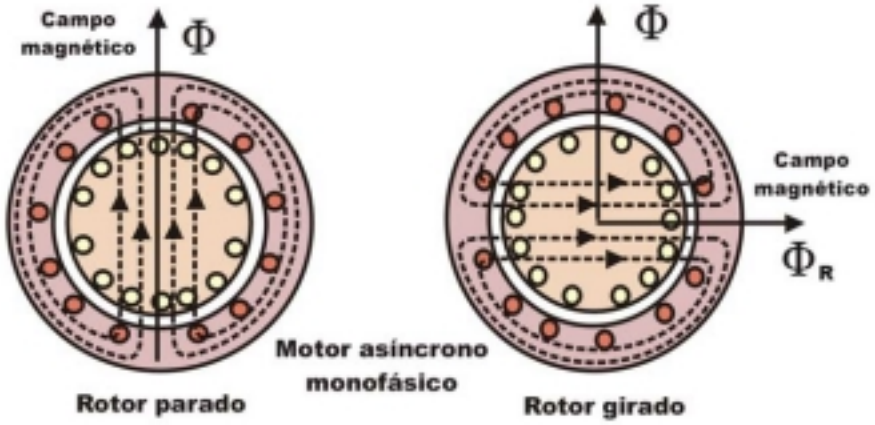


Figura 12 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR MONOFÁSICO

Si en estas condiciones se empuja el rotor manualmente en uno de los sentidos posibles, se consigue desplazar el eje del campo magnético del rotor y el motor comenzará a girar hasta alcanzar la velocidad nominal. El sentido de giro del motor depende de hacia donde se haya iniciado el giro, y su velocidad, del número de pares de polos del devanado.

Para conseguir que el motor arranque automáticamente se inserta en las ranuras del estator un segundo bobinado auxiliar que ocupe 1/3 de las mismas. En la figura 13 se muestra un esquema de la disposición de los dos bobinados con un interruptor centrífugo, o un pulsador manual.

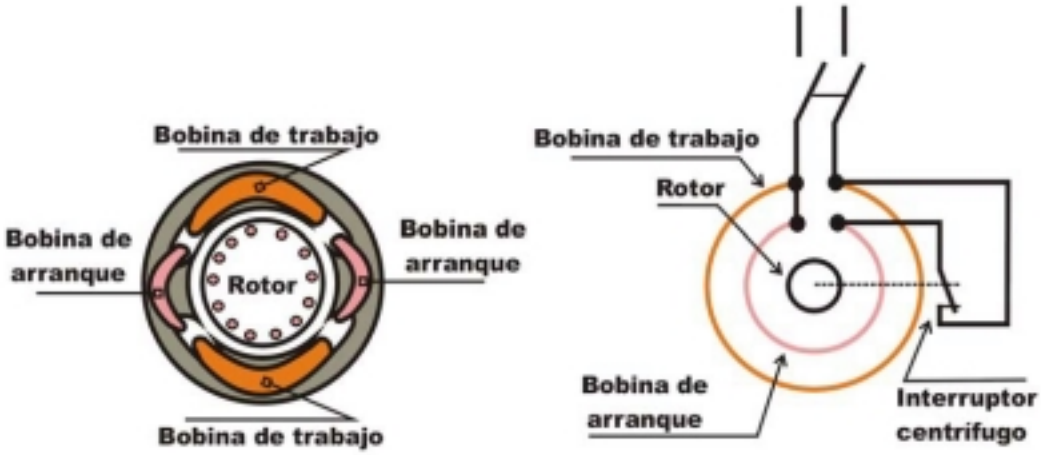


Figura 13 ESQUEMA DE CONEXIÓN DE MOTOR MONOFÁSICO DE FASE PARTIDA CON BOBINADO DE TRABAJO Y DE ARRANQUE E INTERRUPTOR CENTRÍFUGO

Como **la impedancia de las dos bobinas es diferente**, se producirá un pequeño ángulo de desfase en la corriente absorbida por el bobinado auxiliar respecto a la del principal. Este ángulo suele ser de adelanto debido a que el **bobinado auxiliar es de menor sección y, por lo tanto, más resistivo**. El flujo que produce dicha bobina queda también adelantado al principal, lo que hace que se forme un campo giratorio suficiente para impulsar a moverse al rotor. Dado que el ángulo de desfase entre ambos flujos resulta muy pequeño, **el par de arranque también es muy pequeño**, **si se arranca en carga, puede que no gire** y se queme el bobinado de arranque.

11. MOTOR CON CONDENSADOR DE ARRANQUE

Para aumentar el par de arranque de estos motores se añade **un condensador en serie con el bobinado auxiliar**, de tal forma que el ángulo de desfase entre los flujos producidos por ambas bobinas se acerque a 90º.

El par de arranque conseguido será mayor, cuanto mayor sea la capacidad del condensador. Sin embargo, **una capacidad excesivamente elevada del condensador puede reducir la impedancia total del devanado auxiliar a valores muy pequeños**, lo que trae consigo un aumento de la corriente absorbida por el bobinado auxiliar. Si este devanado no se desconecta una vez arrancado el motor, el calor producido por la fuerte corriente puede llegar a destruirlo. Para que esto no ocurra, una vez que el motor haya alcanzado unas ciertas revoluciones, se procede a la desconexión del conjunto formado por el condensador y el devanado auxiliar.

Dicha desconexión se puede realizar mediante un interruptor centrífugo (figura 13). Interruptor que está acoplado al eje del motor y que abre sus contactos cuando se alcanzan unas ciertas revoluciones, en otros motores como piedras de amolar el interruptor automático se sustituye por un pulsador manual.

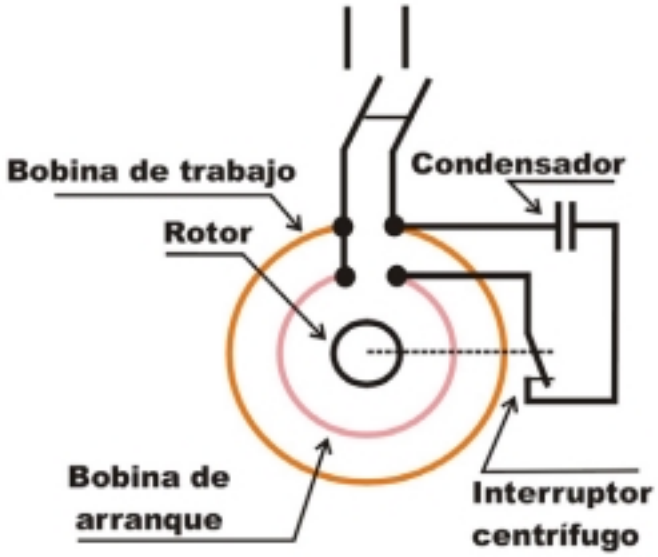


Figura 14 ESQUEMA DE CONEXIÓN DE MOTOR MONOFÁSICO DE FASE PARTIDA CON BOBINADO DE TRABAJO Y DE ARRANQUE CON CONDENSADOR E INTERRUPTOR CENTRÍFUGO

En el caso de que el condensador se desee dejar continuamente conectado, éste deberá poseer **una potencia reactiva 1'3 KVAR por cada KW de potencia del motor**. Para motores que sea muy importante el par de arranque y que se desconecte el bobinado auxiliar, el condensador deberá de ser de unos **4 KVAR por cada KW de potencia del motor** (figura 15).

Los motores con condensador poseen un buen factor de potencia y un rendimiento aceptable (**es inferior al de los motores trifásicos**) y se aplican, por ejemplo, para electrodomésticos, máquinas herramientas, bombas, etc.

En los motores sin condensador el campo de aplicación se ve limitado por su bajo par de arranque, por lo que se emplean, por ejemplo, para ventiladores, bombas centrífugas, etc.

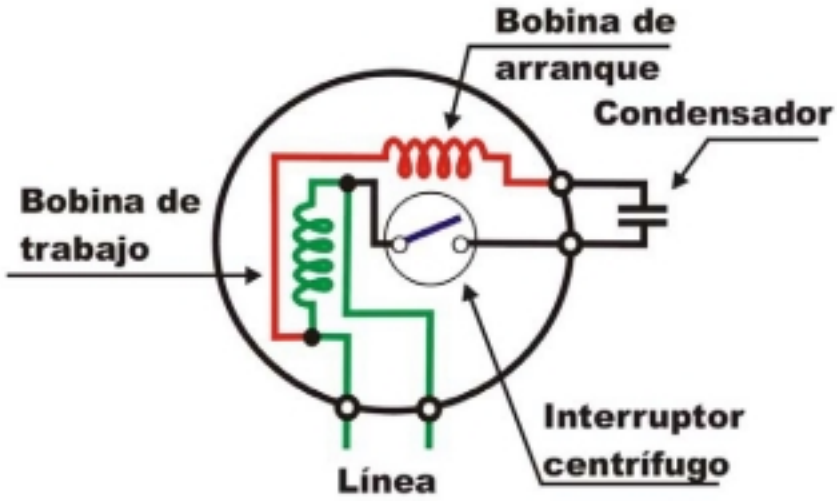


Figura 15 MOTOR DE FASE PARTIDA ESQUEMA DEL SISTEMA DE ARRANQUE

12. INVERSIÓN DE GIRO EN EL MOTOR MONOFÁSICO

Para invertir el giro de los motores monofásicos es suficiente con invertir la conexión de una de las dos bobinas (figura 16).

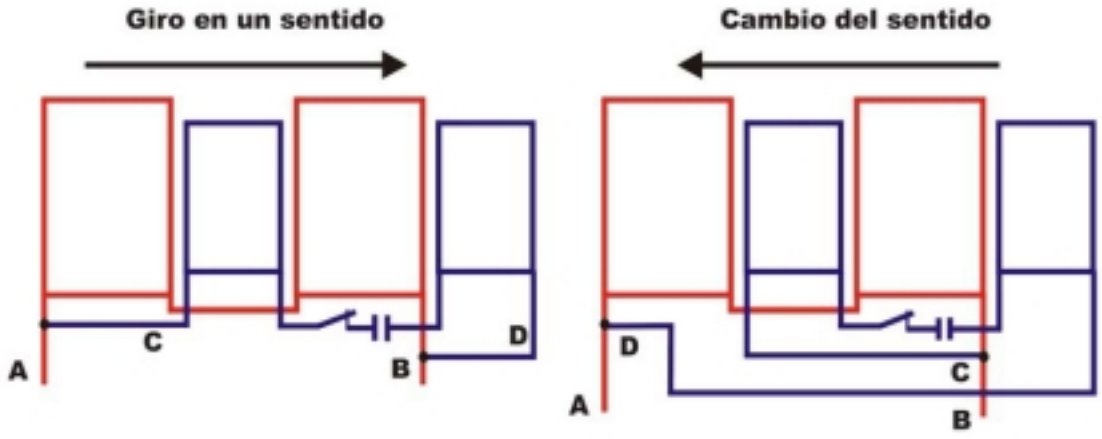


Figura 16 INVERSIÓN DEL GIRO EN MOTOR MONOFÁSICO

Motores monofásicos con espira en cortocircuito

Este motor es de muy sencilla construcción y se aplica para motores de pequeñas potencias (hasta 100 o 200 W).

El rotor de estos motores es de jaula de ardilla. El estator es de polos salientes, en el cual se arrolla la bobina principal como si fuese el primario de un transformador. En la parte extrema de cada polo se coloca una espira de cobre en cortocircuito (fig. 17). El devanado principal produce un campo magnético alternativo que atraviesa el rotor y las dos espiras en cortocircuito. En estas espiras se induce una pequeña corriente y un pequeño flujo que queda retrasado respecto al flujo

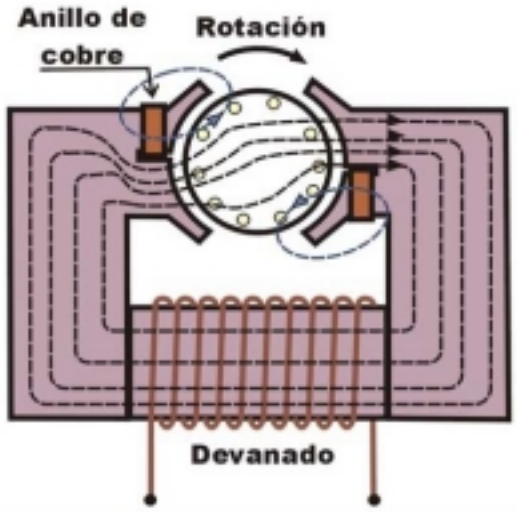


Figura 17 MOTOR MONOFÁSICO CON ESPIRA EN CORTO CIRCUITO

Inversión de giro

El sentido de giro de los motores con espira en cortocircuito depende de la disposición de las espiras de cortocircuito, por lo que la inversión del giro, solo es posible si se puede desmontar y cambiar la posición del rotor dentro del estator (figura 18).

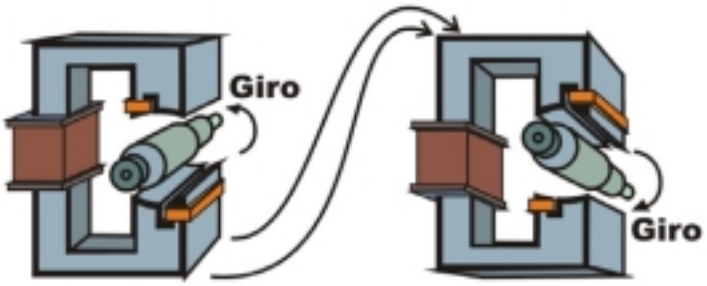


Figura 18 EL SENTIDO DEL GIRO DEPENDE DE LA POSICIÓN DE LA ESPIRA EN CORTOCIRCUITO

13. MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Los motores de corriente continua presentan el inconveniente de que sólo pueden ser alimentados a través de equipos que conviertan la corriente alterna suministrada por la red de corriente alterna en corriente continua. Por otro lado, su constitución es mucho más compleja que los de C.A. y **necesitan de colectores con delgas y escobillas para su funcionamiento**, que aumentan considerablemente los trabajos de mantenimiento. En contrapartida, **poseen un par de arranque elevado y su velocidad se puede regular con facilidad entre amplios límites**, lo que les hace ideales para ciertas aplicaciones: tracción eléctrica (tranvías, trenes, coches eléctricos, etc.) y en todas aquéllas en que sea muy importante el control y la regulación de las características funcionales del motor.

Principio de funcionamiento

Como todos los motores eléctricos, su funcionamiento se basa en las fuerzas que aparecen en los conductores cuando son recorridos por corrientes eléctricas y. a su vez, están sometidos a la acción de un campo magnético.

En la figura 19 se ha representado el aspecto de un motor de corriente continua elemental. Los polos magnéticos del imán, situados siempre en el estator, son los encargados de producir el campo magnético inductor. La espira, que se ha situado en el rotor, es recorrida por una corriente continua que se suministra a través de un anillo de cobre cortado por la mitad (colector de delgas). Las dos mitades se aíslan eléctricamente y se sitúa sobre ellas unos contactos deslizantes de carbón (escobillas), de tal forma que la corriente aplicada por la fuente de alimentación pueda llegar a los conductores del rotor.

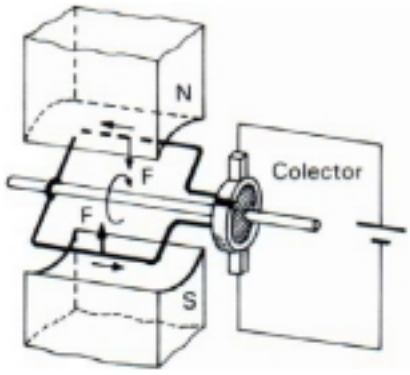


Figura 19 MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA

Como las corrientes que circulan por ambos lados de la espira son contrarias, al aplicar **la regla de la mano izquierda**, se comprueba que aparecen fuerzas también contrarias en cada lado activo de la espira, lo que determina un par de giro.

Para que el sentido de giro sea siempre el mismo, el par de fuerzas siempre deberá actuar en el mismo sentido.

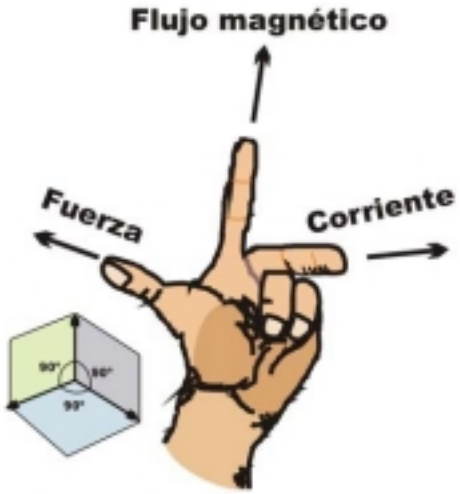


Figura 20 REGLA DE LA MANO IZQUIERDA PARA MOTORES

En el caso de que los conductores de la espira girasen hasta enfrentarse con el polo contrario, con el mismo sentido de corriente que en la anterior posición, la fuerza se invertiría de sentido y la espira no establecería nunca una revolución. **Con el colector de delgas se resuelve este problema**, haciendo que la corriente siempre circule en el mismo sentido respecto al campo magnético, el colector actúa como un rectificador.

Para conseguir que el motor gire en uno o en otro sentido, hay que lograr invertir el sentido del par de fuerzas. Esto se consigue **invirtiendo el sentido de la corriente del rotor** y manteniendo el campo magnético inductor fijo.

Constitución

La constitución de motor de C.C. es exactamente igual que la de un generador de corriente C.C.(dinamo). **Esta máquina es reversible** y, por lo tanto, **puede funcionar indistintamente corno motor o como generador**. Se necesitan de tres partes fundamentales para su funcionamiento; Un circuito que produzca el campo magnético (circuito inductor), un circuito que al ser recorrido por la corriente eléctrica desarrolle pares de tuerza que pongan en movimiento el rotor (circuito inducido) y un colector de delgas con escobillas.

En la figura 21 se muestra, en corte, el aspecto de un motor de corriente continua y en la figura 22 la disposición del porta escobillas.

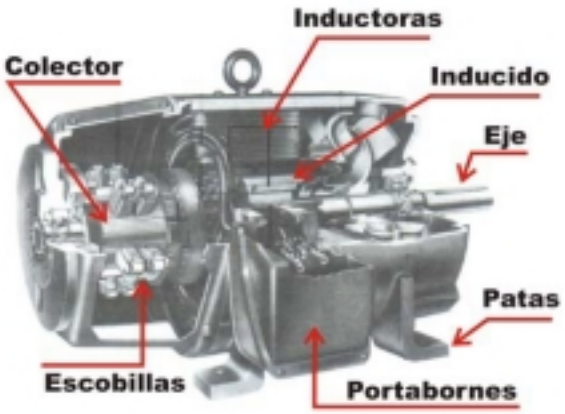


Figura 21 MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA

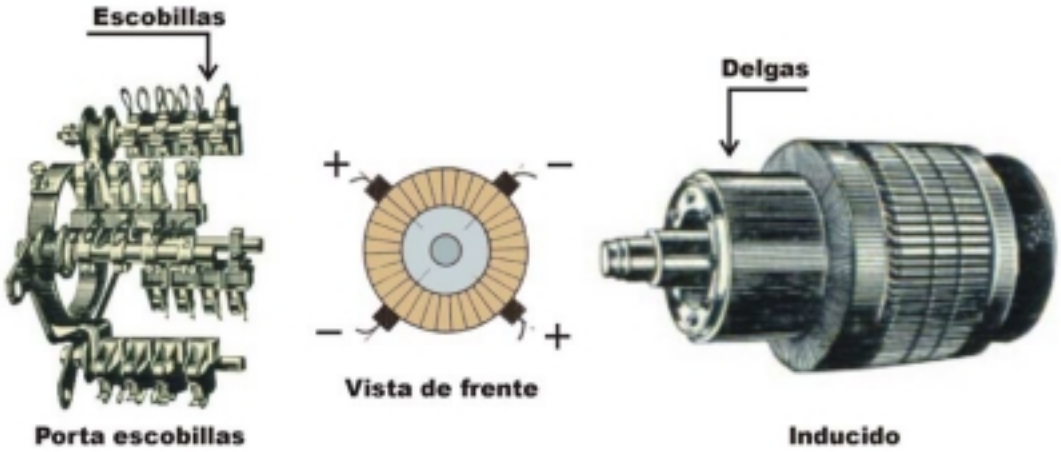


Figura 22 COLECTOR Y PORTA ESCOBILLAS

Estator

En el estator se sitúa el circuito inductor. Consta de una envolvente de acero laminado o hierro forjado, llamado culata o yugo, donde se sitúan los núcleos correspondientes a los polos principales y en los que se arrolla el bobinado encargado de producir el campo magnético de excitación. Alimentando con corriente continua, a estas bobinas se consiguen campos magnéticos más intensos que con imanes permanentes.

Aparte de los polos principales, también se suelen incorporar en la culata unas pequeñas piezas polares, con sus consiguientes devanados, conocidas por el nombre de polos auxiliares o de conmutación (figura 26). Estos polos evitan los efectos perjudiciales producidos por la reacción del inducido.

En la actualidad, existen motores con imanes permanentes en lugar de electroimanes en la excitación, lo que simplifica considerablemente a los mismos.

Rotor

Para que los pares de fuerza originados en los conductores del rotor, al ser recorridos por la corriente, sean aplicados de una forma uniforme en el rotor, los conductores se reparten uniformemente por el núcleo rotórico. El núcleo del circuito inducido se construye con una pieza cilíndrica formada con chapas magnéticas apiladas para evitar las pérdidas por histéresis y Foucault. A lo largo de este núcleo se practican ranuras para aislar los conductores aislados del circuito inducido.

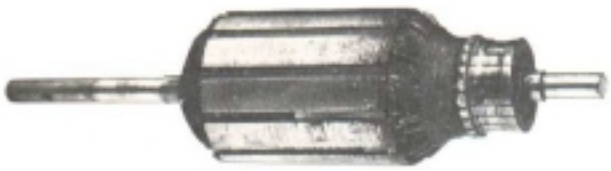


Figura 23 INDUCIDO DE CORRIENTE CONTINUA

Colector y escobillas

El colector consta de varias delgas de cobre electrolítico con el fin de poder conectar a él los diferentes circuitos del inducido. Estas conexiones se llevan a cabo por soldadura blanda (estaño). Las delgas se aíslan entre sí por separadores de micanita.

Las escobillas transmiten la corriente al inducido a través de su frotamiento con el colector. Se suelen fabricar de carbón puro o de grafito. Van montadas sobre unas portaescobillas en los que se puede regular la presión. Para un correcto enclavamiento, las escobillas deben apoyar sobre las delgas del colector con toda su superficie (a veces, es necesario lijarlas para conseguirlo). Dada la fricción a la que se somete a las escobillas, éstas poseen una vida limitada. Una de las tareas de mantenimiento fundamentales de un motor de corriente continua es reponer las escobillas desgastadas y limpiar las delgas del colector (En la figura 23, se aprecia el desgaste del colector, producido por unas escobillas demasiado duras).

Reacción del inducido

Cuando los conductores del inducido son recorridos por una corriente eléctrica, producen un campo magnético cuya dirección y sentido se obtiene aplicando la regla del sacacorchos.

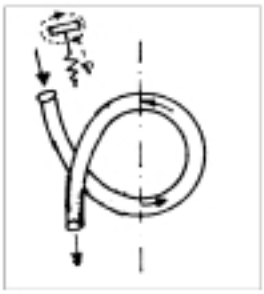


Figura 24 REGLA DEL SACACORCHOS

REGLA DEL SACACORCHOS: CUANDO SE HACE AVANZAR UN SACACORCHOS EN EL SENTIDO DE LA CORRIENTE, EL GIRO DEL SACACORCHOS COINCIDE CON SENTIDO DEL CAMPO MAGNÉTICO.

La dirección de este campo transversal de reacción adquiere la misma dirección que el eje de las escobillas, con lo que resulta ser perpendicular al campo principal producido por los polos inductores (figura 25-1).

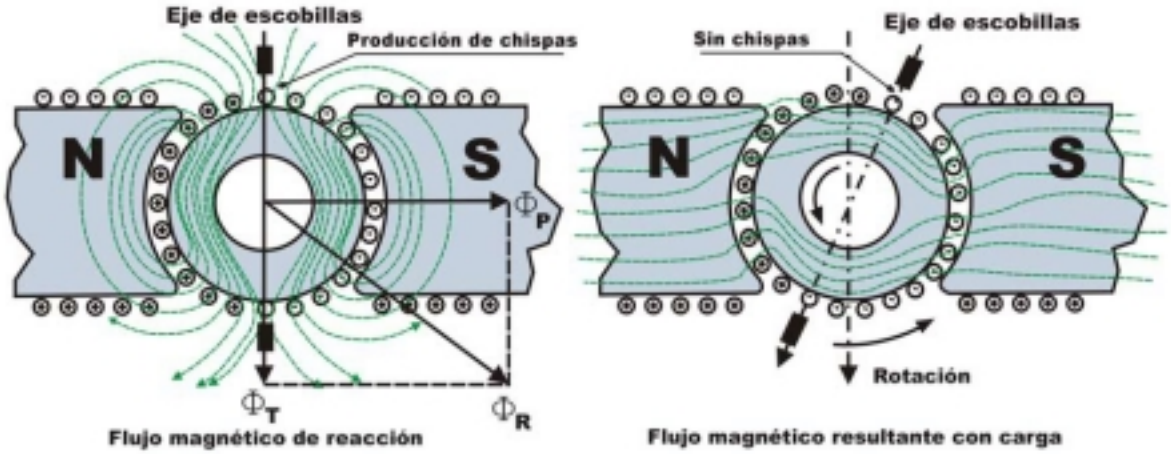


Figura 25 CAMPO MAGNÉTICO Y EJE DE ESCOBILLAS

El campo transversal Φ_T debido a la reacción del inducido se suma vectorialmente al campo principal Φ_P, dando como fruto un campo magnético resultante Φ_R que queda desviado de la posición original (figura 25-2).

Esta desviación del campo inductor produce una serie de problemas cuando las escobillas conmutan de una delga a la delga contigua **que se manifiesta en forma de chispas** que desgasta y perjudica el funcionamiento del motor.

Para evitar los efectos perjudiciales de la reacción del inducido existen dos posibilidades:

< Desviar el calado las escobillas en el mismo sentido de rotación del inducido
< Emplear polos de conmutación

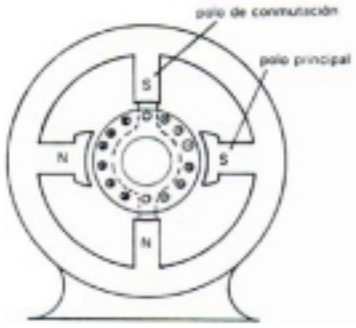


Figura 26 POLOS DE CONMUTACIÓN

14. CONEXIONES DE LOS MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Conexión serie. En el motor serie, el flujo es proporcional a la corriente que pasa por el inducido, el **par de fuerza durante el arranque es muy alto** y proporcional al cuadrado de la intensidad de corriente I^2.

Los motores serie se emplean como motores de arranque en los que el negativo está unido a masa, por lo que solo tiene un borne, el positivo, además consta de un dispositivo mecánico llamado bendix y un relé como interruptor, este relé recibe la orden de un pulsador en forma de llave de contacto.

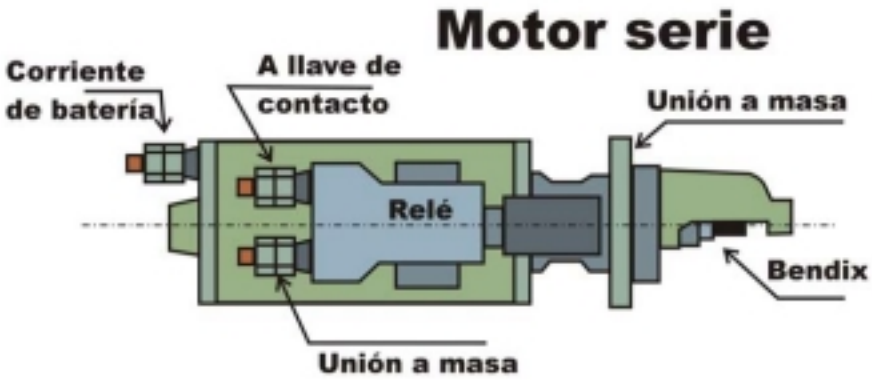


Figura 27 MOTOR DE ARRANQUE

Para cambiar el sentido de rotación de un motor serie, basta con cambiar el sentido de la corriente en la bobina inductora cambiando la entrada por la salida ver figura 27.

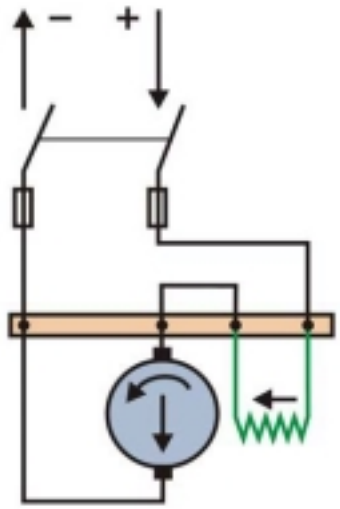


Figura 28 ESQUEMA DE MOTOR SERIE

Motor en derivación o Shunt. Al ser la corriente de la inductora independiente de la que atraviesa el inducido, el par motor no es como en el motor serie, proporcional al cuadro de la intensidad, aquí el flujo es contante y menor la corriente absorbida, el menor poder de fuerza no es inconveniente si lo que se prefiere es una marcha larga y constante, pudiéndose regular la velocidad con el empleo del reóstato (figura 28).

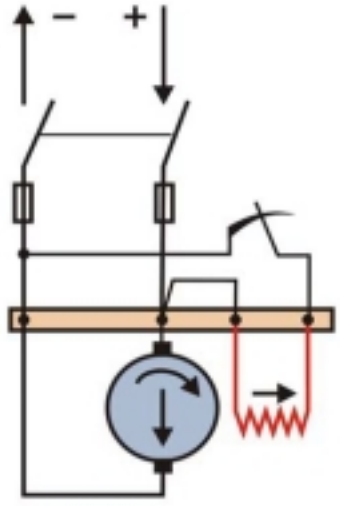


Figura 29 MOTOR DERIVACIÓN

Motor de excitación Compound. En estos motores el devanado es doble, una parte está en serie con el inducido y la otra en paralelo, de esta forma se conserva un fuerte par de arranque y se puede mantener constante la velocidad de la marcha una vez superado el inicio (figura 30).

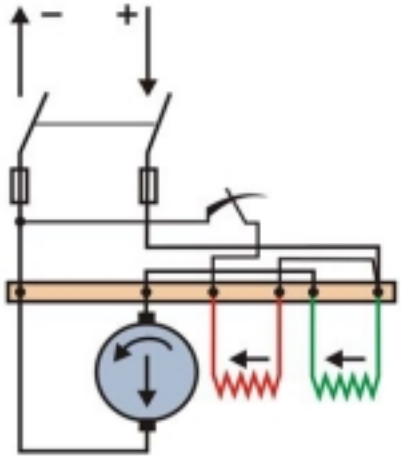


Figura 30 MOTOR COMPOUND

Motor de excitación independiente. En estos motores, el devanado de las bobinas inductoras está conectadas a una fuente de corriente separada de la corriente que recorre el inducido. Funciona de forma similar al motor en derivación, la separación de la excitación se utiliza cuando se desea regular la velocidad con precisión sin perder fuerza de arranque (figura 31).

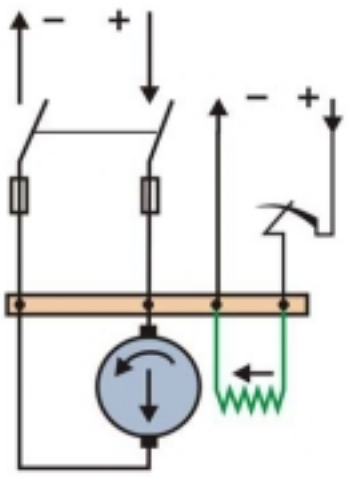


Figura 31 MOTOR DE EXCITACIÓN INDEPENDIENTE

15. MOTORES UNIVERSALES

Para que un motor funcione con corriente continua, necesita que el inducido tenga colector, por la tanto, la primera condición es que tiene que tener escobillas, la segunda que sea monofásica, un motor trifásico no puede usarse con corriente continua.

El uso más común de los motores universales, es la taladradora de mano (figura 32), y en casi todos los pequeños electrodomésticos, como batidoras, molinos de café, afeitadora, y alguno más.

Figura 32 TALADRO DE MANO PERCUTOR

16. MOTORES ESPECIALES

Son motores de corriente continua, pero que, como los de corriente alterna, no tiene escobillas. A este grupo pertenecen los servomotores, los motores paso a paso y el motor Brushless

17. SERVOMOTORES

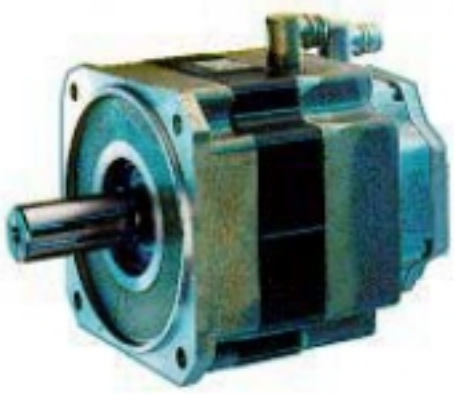


Figura 33 SERVOMOTO

Características

- Motor de **corriente continua** (C.C.).
- Excitación basada en imanes cerámicos permanentes de elevada energía intrínseca y fuerza coercitiva.
- Buena regulación y estabilidad.
- **Par elevado**.
- Posibilidad de fuertes aceleraciones y desaceleraciones.
- **Gran estabilidad de marcha**, incluso a bajas velocidades.
- Amplio campo de variación de giro.
- Elevada inercia térmica.
- **Admite sobrecargas prolongadas**.
- **Para cargas de pequeña y media potencia**.

Aplicaciones

Este tipo de motor **se utiliza principalmente para el movimiento de máquinas herramientas con avance convencional o numérico**.

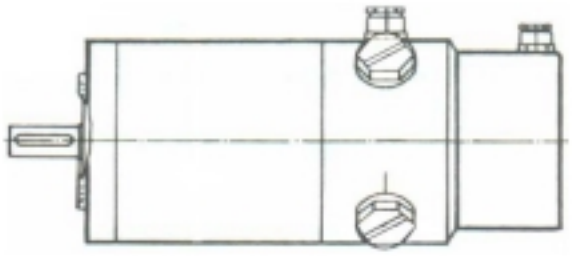


Figura 34 SERVOMOTOR

Acoplamiento directo al eje individualizando los movimientos, con movimientos precisos y controlados a lo largo del proceso.

También se utilizan en otro tipo **máquinas que precisen avances precisos**.

18. MOTORES PASO A PASO

Características que lo definen

Los motores paso a paso vienen definidos por el número de posiciones, o paso por vuelta, que es más elevada sobre los motores a reluctancia o híbridos. También por el par máximo disponible en régimen permanente y su posibilidad de control de velocidad y del número de revoluciones o parte (fracciones exactas de vuelta).

Partes principales de este tipo de motor

El estator de este motor está constituido por varias bobinas **alimentadas por impulsos de c.c.**

El rotor está constituido por uno o **varios imanes permanentes**.

Figura 35 MOTOR PASO A PASO

Por el número de posiciones o pasos por vuelta, se consigue una determinada velocidad.

Aplicaciones

Este tipo de motores se aplica en **máquinas que precisan un control exacto de las revoluciones, o partes de vuelta.**

Normalmente se trata de **motores de pequeña potencia** aplicados a:

- Accionamiento de cintas en **impresoras**, avance de papel.
- **Teletipos, telefax, cintas magnéticas**.
- Avance de películas en aparatos de televisión, cine, foto, etc.
- Equipos médicos, tales como bombas de riñón, analizadores, muestreadores.

- Lectores de tarjeta. etiquetas, etc.
- Taxímetros, contadores.
- **Copiadoras. Plotters** y Otros.

Figura 36 MOTOR PASO A PASO HERMÉTICO

Tipos de motores paso a paso

- Motores de excitación unipolar (6 hilos).
- Motores de excitación bipolar (5 hilos).
- Motor híbrido.

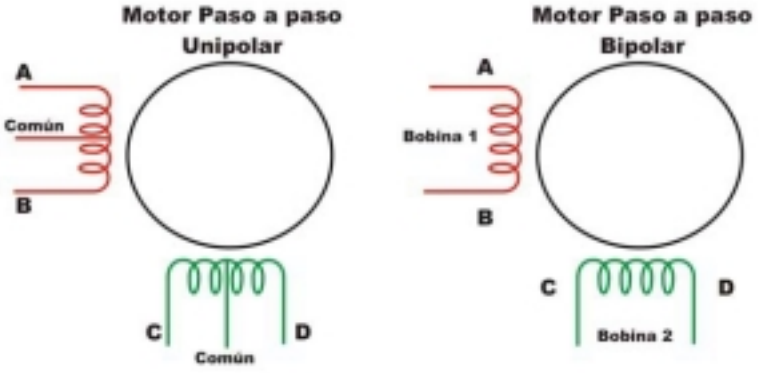


Figura 37. ESQUEMA DE LOS MOTORES PASO A PASO

Motor de excitación unipolar

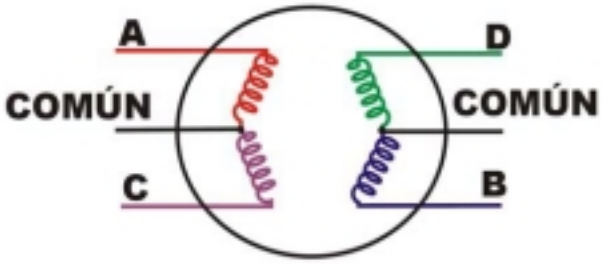
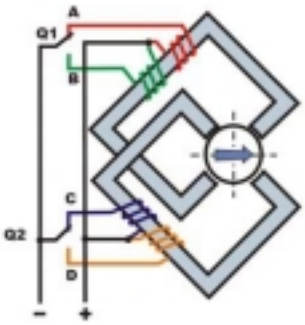


Figura 38. MOTOR PASO A PASO DE EXCITACIÓN UNIPOLAR

Motor de dos estatores (4 fases).

En cada paso el rotor se desplaza 90º.



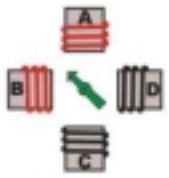
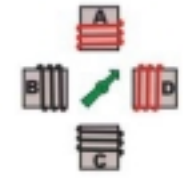
PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	Activa	Activa	Inactiva	Inactiva	
2	Inactiva	Activa	Activa	Inactiva	
3	Inactiva	Inactiva	Activa	Activa	
4	Activa	Inactiva	Inactiva	Activa	

Figura 39 POSICIONES DE ROTACIÓN DEL MOTOR UNIPOLAR

Accionando los conmutadores Q_1 y Q_2 alternativamente se puede hacer que el rotor gire cada vez 90º, y ocupe las cuatro posiciones posible

Variando la secuencia de conmutación se logra la inversión del sentido de rotación.

Este tipo de motor tiene un estator de 4 fases y un rotor de un imán permanente con 24 polos (ángulo de paso 7º 30´ = 360º: 48).

Motor de excitación bipolar

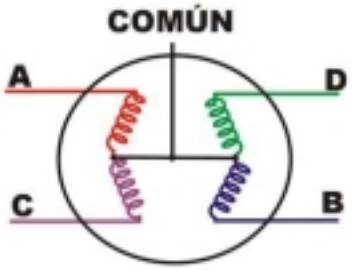
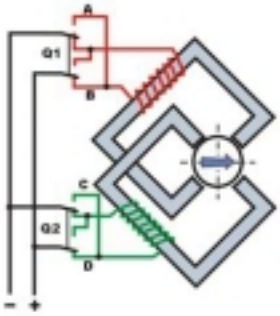


Figura 40. MOTOR PASO A PASO BIPOLAR

Motor de dos estatores (2 fases).



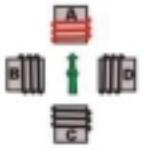
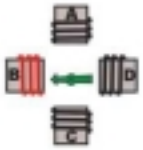
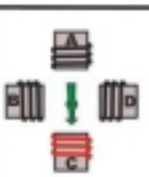
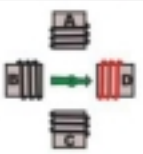
PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	Activa	Inactiva	Inactiva	Inactiva	
2	Inactiva	Activa	Inactiva	Inactiva	
3	Inactiva	Inactiva	Activa	Inactiva	
4	Inactiva	Inactiva	Inactiva	Activa	

Figura 41. POSICIONES DE ROTACIÓN DEL MOTOR BIPOLAR

Se seguirá aplicando el mismo criterio del motor de excitación unipolar.

Para motor de 2 estatores (2 fases).

Para 24 polos: ángulo de paso 7º 30'

Para 12 polos: ángulo de paso 15º.

Para motor de 4 estatores (4 fases).

Para 24 polos: ángulo de fase 3º 45'.

Para 12 polos: ángulo de fase 7º 30'.

La ventaja de este tipo de motores está en el incremento del par respecto de los motores precedentes, pero tiene el problema de tener una electrónica más complicada.

Motor hibrido paso a paso

El motor híbrido tiene la particularidad de ser de menor tamaño, con más posibilidades de ángulo.

Este motor está formado por 4 discos, con el mismo número de dientes que las cavidades del estator.

Ángulos de paso

24 pasos por revolución: 15º

28 pasos por revolución: 7º 30´

96 pasos por revolución: 3º 45´

200 pasos por revolución: 1º 50´

Se puede realizar cualquier movimiento incremental, siempre que sea múltiplo del ángulo de paso del motor que se trate.

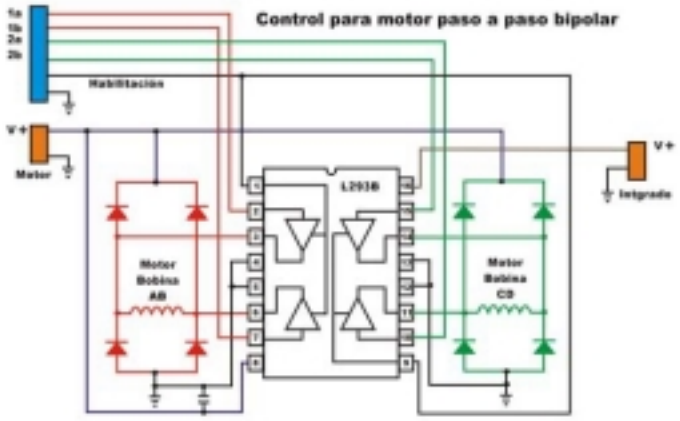


Figura 42 CIRCUITO DE CONTROL PARA MOTOR PASO A PASO BIPOLAR

19. MOTORES BRUSHLESS

Las ventajas del motor Brushless y su equipo de control asociado, vienen dado por las **posibilidades que tiene en el control de la velocidad y posicionamiento exacto** de los mecanismos accionados por el motor, respecto a las necesidades de la máquina a que se aplica, además de **respuestas muy rápidas a las señales de arranque, paro, variaciones en la marcha**, etc.

Figura 43. MOTOR BRUSHLESS TRIFÁSICO

Principio de los motores Brushless

Los motores Brushless, o motores autosíncronos, o motores de c.c. sin escobillas, son una concepción moderna del clásico motor de c.c., donde la electrónica juega una parte importante en su funcionamiento y regulación.

Los motores Brushless están **constituidos** por:

- Imanes de alta energía. Circuito magnético de hierro con su devanado.
- Captor para control de fase, velocidad y posición.

El control sinusoidal evita frecuencias armónicas, asegurando la continuidad de giro a baja velocidad.

En resumen, el motor Brushless es un motor autopropulsado de corriente continua y sin escobillas.

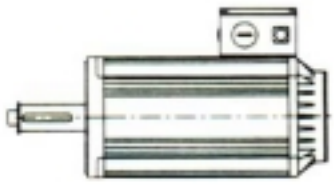


Figura 44. MOTOR BRUSHLESS

Prestaciones de este tipo de motores

- Elevado par másico. Prestaciones elevadas. Fiabilidad. Menor mantenimiento.
- **Exactitud en el control de la velocidad y regulación**.
- **Alta capacidad de velocidad**. Baja pérdida en el rotor. Baja inercia en el rotor
- Motor de construcción cerrada, adecuado para ambientes de trabajo sucios.
- No tiene los inconvenientes destructivos de los motores de c.c. clásicos.

Entre los **inconvenientes** se citan tan sólo los de tipo económico, como son:

- Variador más sofisticado y caro. **Motores algo más caros**.
- Tanto variadores como motores se están poniendo más competitivos con los motores clásicos de c.c.

Figura 45. MOTOR BRUSHLESS

Aplicaciones

a) **Máquina herramienta**

- Centros de mecanizado
- Tornos, Fresadoras, Rectificadoras, Mandriladoras

b) **Robótica**

- Robots de soldadura, Robots de montaje
- Manipuladores, Pórticos, Ensamblado

c) **Maquinaria industrial**

- Enrolladoras, Trefiladoras, Alimentadoras, Manutención, Dosificación

Figura 46. MOTOR BRUSHLESS

20. SISTEMAS PARA ARRANQUE DE MOTORES

Arranque estrella-triángulo

Es uno de los métodos más empleado y mejor conocidos con el que se pueden arrancar motores desde **2´2 Kw hasta 11 Kw de potencia**. Consiste en conectar el motor **primero en estrella** para, **una vez arrancado, conmutar a la conexión en triángulo**. Para que esto se pueda llevar a cabo, se debe utilizar un motor que esté preparado para funcionar a la tensión inferior conectado en triángulo. Así, por ejemplo, un motor de ***220/380*** podrá ser arrancado en una red de **220 V**.

Si a un motor de las características indicadas se le conecta primero en estrella, cada una de las bobinas del mismo quedará sometido a una tensión 1´73 inferior que si hubiese conectado en triángulo. Con ello se consigue que la intensidad en el arranque quede disminuida a la tercera parte respecto al arranque directo en conexión en triángulo. El par también queda reducido a la tercera parte, lo que conviene tenerlo en cuenta si el motor arranca con toda la carga. Por esta razón, conviene que el motor arranque en vacío o con poca carga (Ver esquema de prácticas).

Arranque por resistencias estatóricas

Consiste en reducir la tensión que producen unas resistencias conectadas en serie con el estator. Este sistema tiene el inconveniente de que se consigne disminuir la corriente en función lineal de la caída de tensión producida. Sin embargo, el par queda disminuido con el cuadrado de la caída de tensión, por lo que su aplicación se ve limitada a motores en los que el momento de arranque resistente sea bajo.

En los esquemas de prácticas se muestra el circuito de fuerza y de maniobra de este tipo de arranque.

Arranque por autotransformador

Consiste en conectar un autotransformador en la alimentación del motor. De esta forma se consigue reducir la tensión y con ella la corriente de arranque. El par de arranque queda reducido en este caso en la misma proporción que la corriente, es decir, al cuadrado de la tensión reducida. Este sistema proporciona una buena característica de arranque, aunque posee el inconveniente de su alto precio.

En la figura 47 se muestra el circuito de fuerza de un arrancador con autotransformador

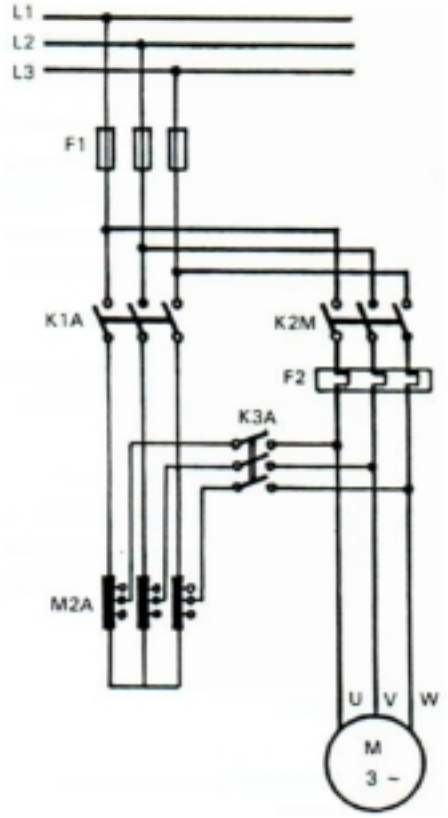


Figura 47. ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR

21. REGULACIÓN DE VELOCIDAD

Aplicando medios técnicos diferentes se consigue obtener velocidades diferentes de la nominal de un motor asincrono ya sea trifásico o monofásico, se conocen tres formas diferentes:

- Medios mecánicos
- Motores con varios bobinados.
- Variadores electrónicos de frecuencia

Variación de velocidad por medios mecánicos

< Utilizando poleas de diferentes diámetros.

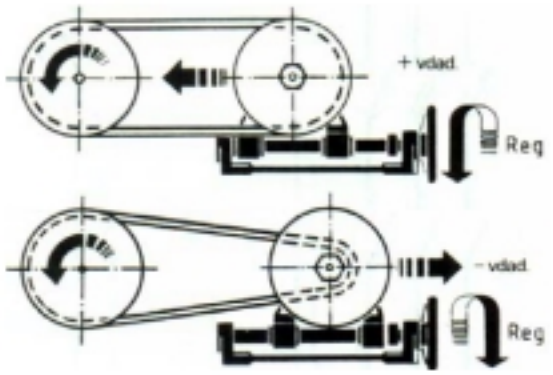


Figura 48 CAMBIO DE POLEA PARA VARIAR LA VELOCIDAD

< Uso de reductores o multiplicadores de velocidad, empleando engranajes debidamente lubrificados.

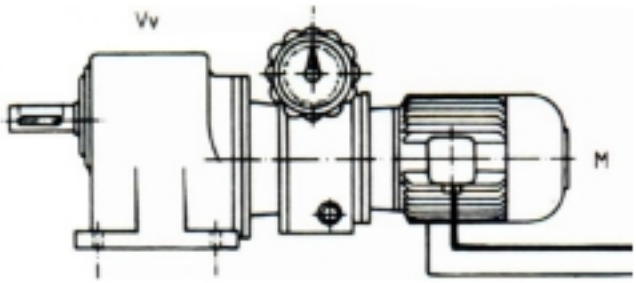


Figura 49. MOTOR CON REDUCTOR DE VELOCIDAD

Figura 50. MOTOR CON REDUCTOR DE VELOCIDAD EN ÁNGULO

< Combinación de juego de poleas con correa deslizante.

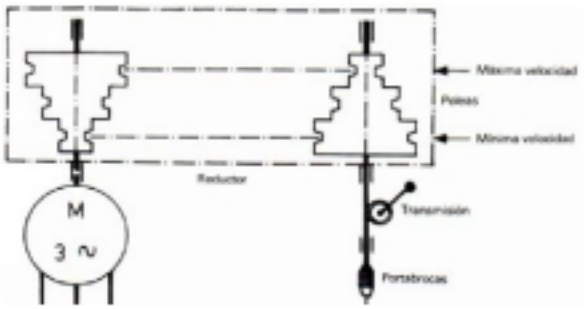


Figura 51 TALADRADORA DE MESA CON VARIADOR DE VELOCIDAD POR POLEAS

Variación del número de polos del estator

Es posible obtener, sobre un mismo motor, dos, tres y hasta cuatro, velocidades diferentes, mediante la simple variación del número de polos del bobinado del estator. Este procedimiento sólo se aplica a los motores de jaula de ardilla. También podría ser aplicado a los motores de rotor bobinado, pero ello exigiría la simultánea variación del número de polos en los bobinados de estator y rotor, pero por resultar muy complicado, no se usa en estos motores.

El estator del motor puede ser bobinado para funcionar a dos velocidades distintas por dos medios diferentes: con un bobinado único o con dos bobinados superpuestos.

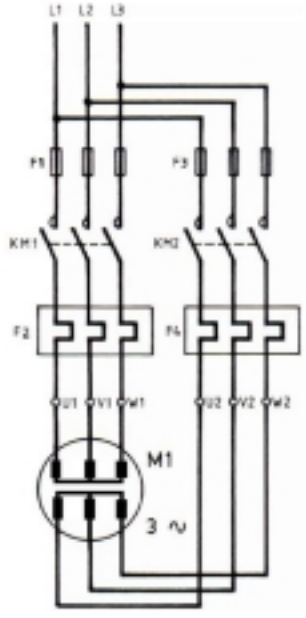


Figura 52. MOTOR DOS VELOCIDADES DE DOS BOBINADOS

Mediante un bobinado único dispuesto en dos mitades especialmente ejecutado según la conexión Dahlander de forma que, con un simple cambio de conexiones de las dos mitades de cada fase, puedan ser conseguidas dos velocidades que estén en la relación **2:1**, por ejemplo **1.500** y **750** r.p.m.

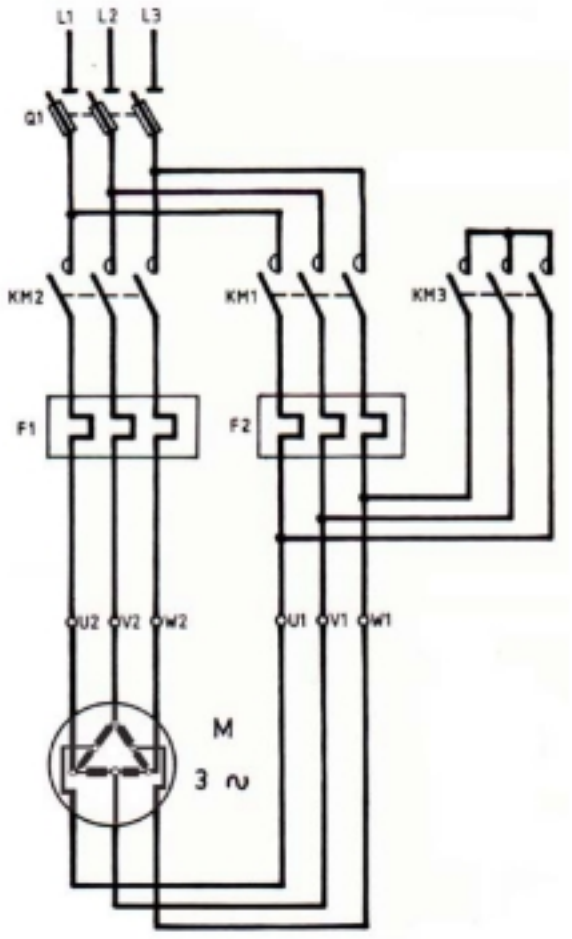


Figura 53 MOTOR DOS VELOCIDADES CONEXIÓN DAHLANDER

Otro medio para conseguir dos velocidades distintas en un motor consiste en colocar en el estator dos bobinados superpuestos independientes entre sí, cada uno de ellos calculado para formar correctamente uno de los números de polos deseado. Esta ejecución puede ser empleada para cualquier combinación de velocidades; así, por ejemplo, si se deseara un motor de 4 y 6 polos, se colocarán en el estator dos bobinados superpuestos, uno de 4 polos y el otro de 6.

También pueden ser construidos motores de tres y cuatro velocidades, basado en bobinados superpuestos.

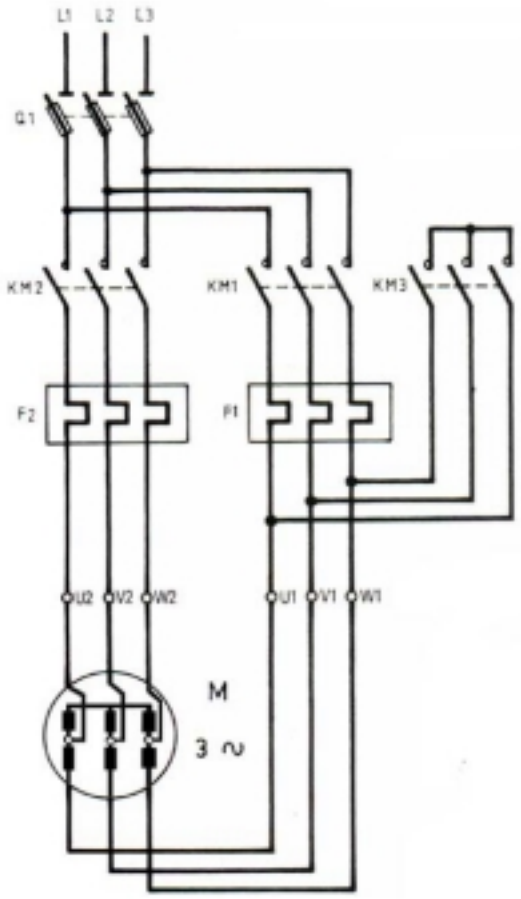


Figura 54. MOTOR DOS VELOCIDADES BOBINADOS SUPERPUESTOS

Regulación de velocidad con variadores de frecuencia

Mediante un equipo electrónico especial basado en semiconductores de potencia (tiristores transistores y otros) se puede regular la frecuencia de alimentación del motor. Con ello se consigue modificar entre amplios límites la velocidad del motor (figura 55).

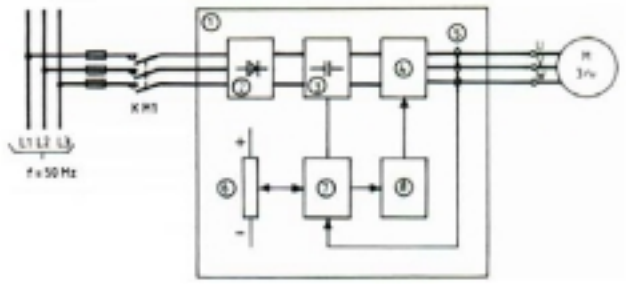


Figura 55. VARIADOR DE FRECUENCIA

El esquema básico de un variador de frecuencia consta de las siguientes partes:

1. El conjunto puede estar colocado sobre el mismo motor o ser independiente (figura 54 y 55) y consta de:
2. Rectificador de corriente trifásica
3. Filtrado por condensador
4. Paso de corriente continua a corriente alterna.
5. Detección de la intensidad de corriente absorbida por cada fase del motor.
6. Regulación de la variación de frecuencia
7. Control de la velocidad
8. Control digital

Figura 56. MOTOR CON VARIADOR DE VELOCIDAD INCORPORADO

Figura 57. VARIADOR DE VELOCIDAD

Nota: En el módulo 2, tema 6, se ha tratado con más amplitud los variadores de velocidad

22. INVERSOR DE GIRO

Para invertir el sentido de rotación de un motor asíncrono trifásico basta intercambiar las conexiones de dos cables de alimentación con las bornes del motor con los que resulta invertido el sentido de rotación del campo magnético giratorio.

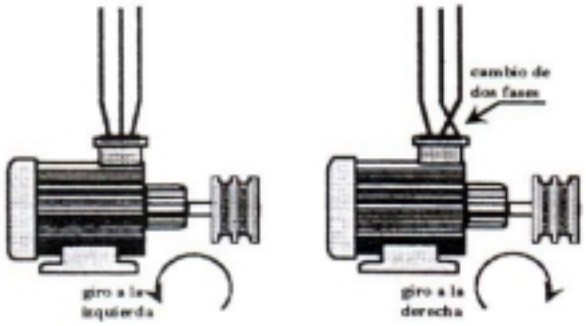


Figura 58. INVERSIÓN DEL GIRO EN EL MOTOR TRIFÁSICO

Para invertir el sentido de rotación de un motor asíncrono bifásico, es suficiente permutar las dos salidas de fase del bobinado estatórico y dejar una sin cambiar.

Algunas máquinas exigen frecuentes inversiones del sentido de giro. En tal caso, resulta poco práctico efectuar el intercambio de conexiones, por lo que es preciso disponer un conmutador especial como el que se indica en la figura 57.

Figura 59. INVERSOR

En las hojas de prácticas se encontrará diversos esquemas de montajes con el inversor, por este motivo se omite aquí, para no ser repetitivo con las prácticas.

23. FRENADO

Frenado del motor asíncrono

El frenado del motor asíncrono, al contrario de lo que ocurre con los motores de corriente continua, presenta fuertes dificultades técnicas.

Un procedimiento de frenado consiste en colocar una correa alrededor de la polea del motor, y efectuar una tracción de esa correa mediante un electro-imán freno, también por medio de unas zapatas que frenan el eje del motor cuando falta la corriente.

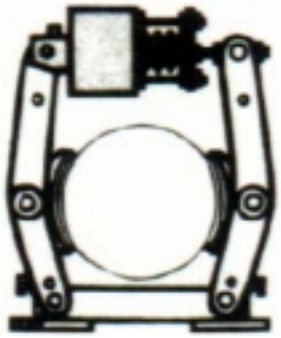


Figura 58. ELECTROIMÁN FRENO PARA MOTOR ELÉCTRICO

Existen otros procedimientos eléctricos basados en diversos principios, de los cuales los más usuales son:

1º Hacer funcionar al motor como generador asíncrono, y

2º Efectuar el frenado a contracorriente, para lo que se intercambian dos cables de alimentación mediante conmutador de inversión.

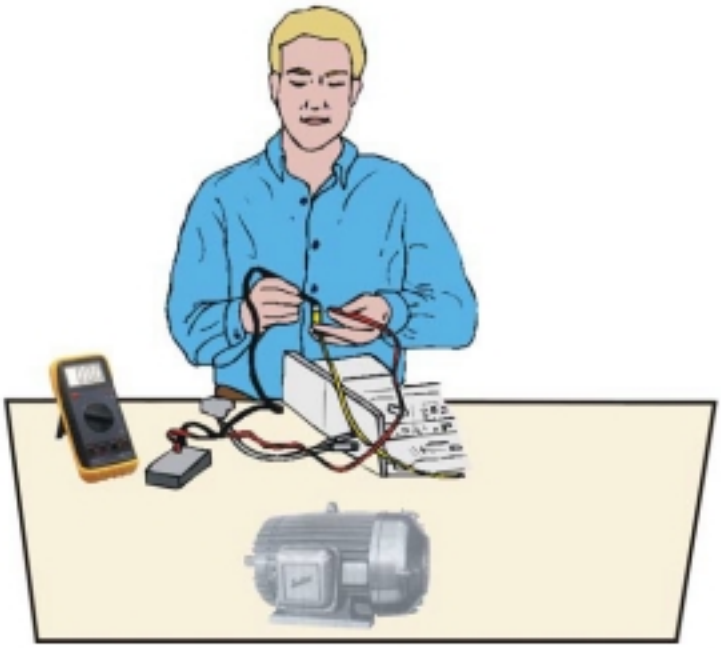
3º Sistema electrónico por contactor estático

Figura 59 FRENO ELÉCTRICO

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual
Electricidad industrial
Módulo 3
Máquinas electricas

Tema 4
Instalación y puesta en servicio de motores
Comprobación de motores



Tema 4
Instalación y puesta en servicio de motores
Comprobación de motores

ÍNDICE

1. Generalidades 1
2. Instalación y puesta en servicio de motores 6
3. Alineación del motor con la máquina 10
4. Máquinas de corriente alterna 15
5. Máquinas de corriente continua 15
6. Motores con anillos 15
7. Inducido de motores para corriente continua y universales 16
8. Comprobación de motores 17
9. Chapa de características de los motores y generadores 17

Tema 4

Instalación y puesta en servicio de motores
Comprobación de motores

1. GENERALIDADES

Los motores, junto con las dinamos y los alternadores son **máquinas rotativas**. Todas las máquinas rotativas tienen una parte común que las igualan: **los cojinetes**, sobre los que se apoyan los extremos de los ejes.

En la figura 1 se muestra la tapa de un motor y las piezas que mantienen en su posición de trabajo el rodamiento del rotor.

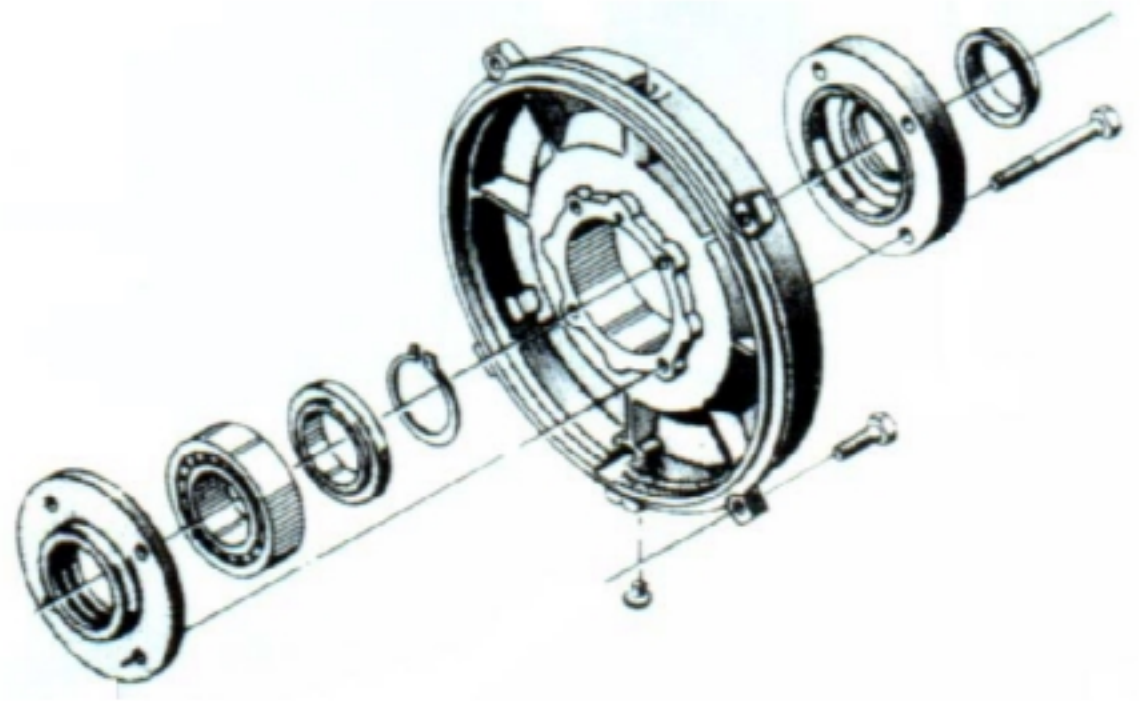


Figura 1 DESPIECE DE LA TAPA Y RODAMIENTO

En la figura 1, y de izquierda a derecha, se observa:

1. Aro de tope interior con cuatro roscas
2. Rodamiento a bolas
3. Prensa estopa
4. Arandela de presión
5. Tapa del motor
6. Aro topón exterior
7. Prensa estopa
8. Tornillo de sujeción

Mediante el apriete de los cuatro tornillos, se consigue colocar el cojinete en su alojamiento exacto, centrado con la tapa. Si uno de estos cuatro tornillos, se queda flojo, la grasa del cojinete escapa impulsado por la fuerza de rotación de las bolas, esto provocará faltas de engrase, calentamiento del rodamiento y deterioro. Se nota este deterioro por el ruido que provoca el roce directo de las bolas en su rodadura, al faltarle la fina capa de grasa, se dice entonces que las bolas están cuadradas, una forma muy exagerada de expresar que hay que reponer el cojinete con otro nuevo.

Si los tornillos de sujeción del cojinete se aprietan demasiado, se corre el peligro de pasar la rosca. Una rosca pasada produce el mismo efecto que un tornillo flojo.

Figura 2 ESTATOR DE MOTOR TRIFÁSICO

Las tapas de un motor, se colocan golpeandolas con martillo de bocas de nailon, para evitar partirlas, la tapa debe de asentar bien en todo su perímetro, y frente a los taladros roscados donde meter los tornillos de apriete. La tapa suele tener posición del lado superior y el interior, también se distingue la tapa delantera de la posterior.

Cuando sé desmontar un motor, se suele dar un granetazo en la tapa delantera y en el estator, justo al lado del primer granetazo, luego en la tapa trasera se dan dos granetazos y otros dos en el estator justo al lado. De esta forma al montar, no habrá error de posiciones.

En la figura 2 se muestra el estator con las dos tapas quitadas y se puede observar que no existe diferencia entre el lado de la polea y el lado del ventilador. En la figura 3 es fácil ver con qué facilidad se puede confundir las tapas.

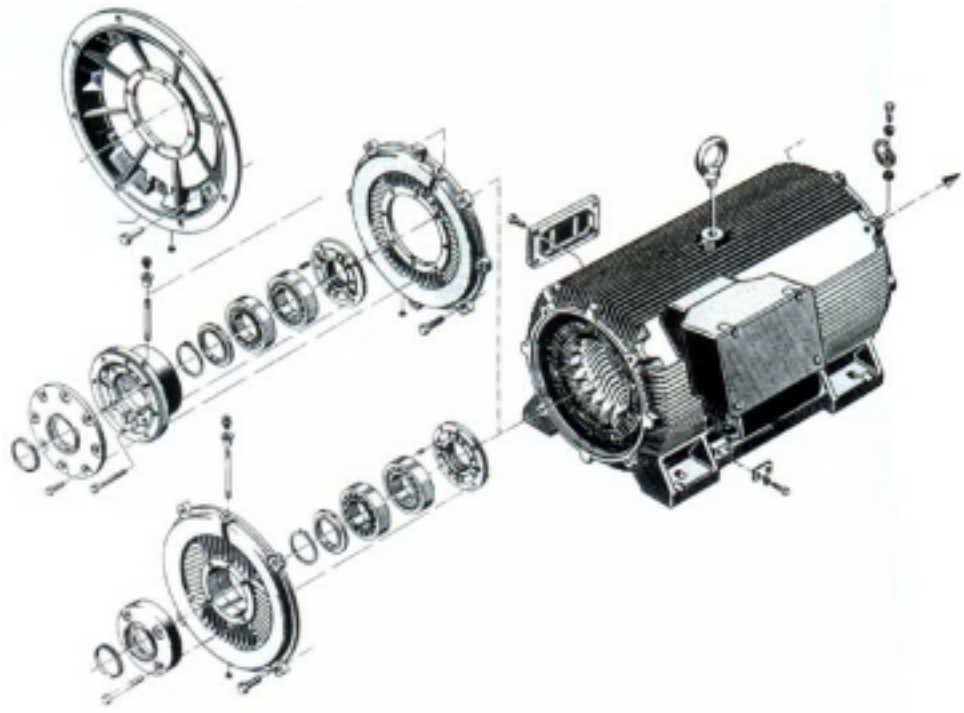


Figura 3 ESTATOR Y TAPAS DEL MOTOR

El inducido de un motor de coriente alterna, de rotor en jaula de ardilla, tiene unas aletas que hacen de ventilador (figura 4)

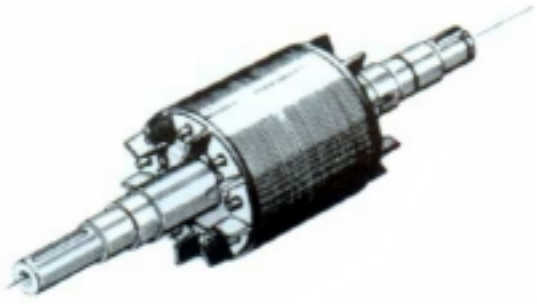


Figura 4 INDUCIDO DE JAULA DE ARDILLA

En la figura puede observase como el eje tiene distintos diámetros, con ello se consigue que los cojinetes ocupen siempre su lugar exacto. También se puede observar el fresado para la colocación de la chaveta, una larga para la polea y otra corta en el extremo opuesto del eje para el ventilador exterior.

Además de las pequeñas aletas del inducido, que sirven de ventilador interior, existe otro ventilador principal, más potente, que refrigera el bobinado. Cuando el motor es cerrado, no es posible refrigerarlo con ventilador interior, entonces se construye de mayor diámetro y se cubre con una chapa de forma que el aire ventile las aletas del estator.

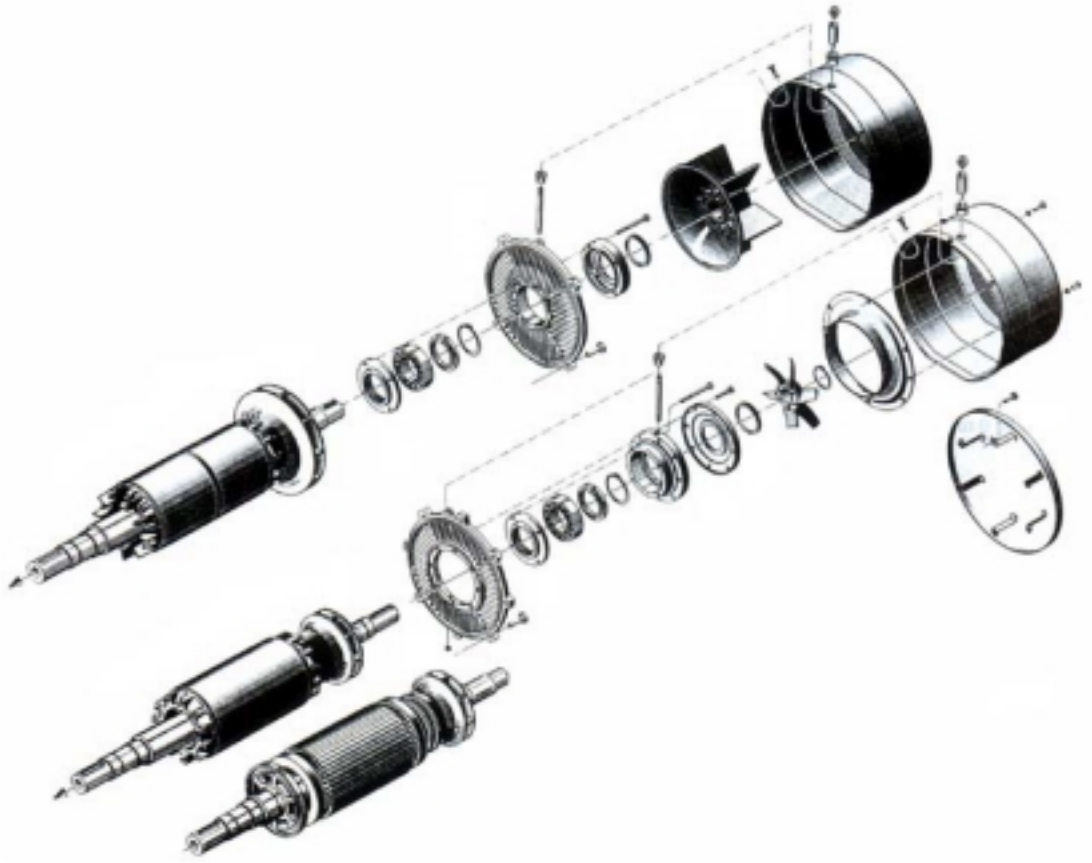


Figura 5 DIVERSOS INDUCIDOS Y VENTILADORES

En la figura 5 se observa el despiece de diversos rotores y la tapa motor con distintos tipos de ventiladores

Otra característica común de las máquinas rotativas, es la caja de bornes, en la figura 6 se observa una caja de bornes de un motor trifásico con los puentes en conexión triángulo

Figura 6 CAJA DE BORNES CON PUENTES EN CONEXIÓN TRIÁNGULO

Modernamente, los motores llevan sistemas de protección para cuando el bobinado se caliente, se desconecte antes de que se queme. Este sistema es complementario del relé térmico y no viene a sustituirlo, la caja de bornes es similar a la de la figura 7, en la que puede observase cierta diferencia con la anterior

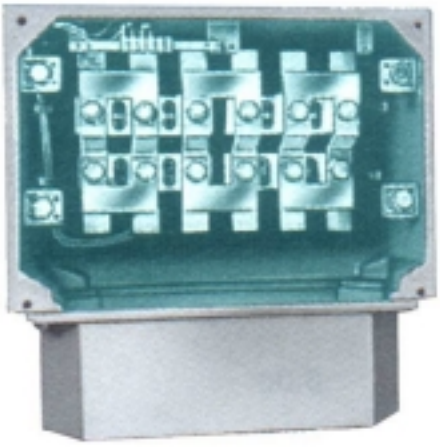


Figura 7 CAJA DE BORNES DE UN MOTOR MODERNO

2. INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE MOTORES

Nociones de mecánica para electricista

Los motores eléctricos, aparte de las condiciones de arranque y funcionamiento eléctrico, han de cumplir unas **condiciones mecánicas**, de estabilidad y seguridad. Como toda máquina rotativa debe de estar bien sujeto en su anclaje y la transmisión del motor a la máquina ha de hacerse en perfectas condiciones, sin vibraciones ni oscilaciones. Conseguir que esto sea así es misión del **mecánico electricista**, que, aparte de conocer la técnica del electricista, ha de conocer los principios de la mecánica.

La sujeción de los motores se efectúa con tornillos generalmente de cabeza hexagonal, arandela y tuerca, y en algunos casos, contratuerca. En la figura 8, se muestra las diferencias más comunes que define a la tuerca y el tornillo.

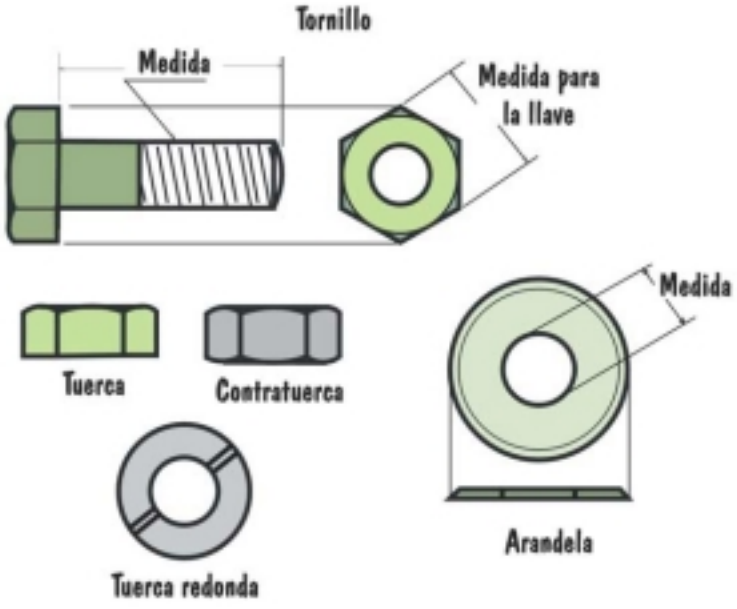


Figura 8 TORNILLOS TUERCAS Y ARANDELAS

Roscas

La denominación del tornillo se hace por la medida de la rosca y el largo del tornillo (ej. Métrico 4 x 45), luego se añade el tipo de cabeza, en este caso hexagonal.

La tuerca se denomina sólo por la rosca, la medida entre caras no se especifica, se fabrica con arreglo a unas medidas que se adaptan las de las llaves que se usa en mecánica.

Para evitar que la tuerca se afloje debido a las vibraciones, se usa la contratuerca.

Las arandelas se llaman planas, sin son lisas. Cuando la arandela tiene estrías o son en forma de muelle de una sola vuelta se denominan de presión, estas estrías "se clavan" en la tuerca y evitan que el la tuerca se afloje con la vibración.

El motor se fija siempre con tornillos, pues de otra forma no se podría desmontar fácilmente, convine saber que hay varios tipos de roscas, y que si la tuerca no tiene el mismo paso de rosca que el tornillo, entonces no rosca, anque entre un poco, llega un momento que se frena y no entra más aunque se obligue. Apretando con una lleve, se consigue que entre unos milímetros más, pero no debe de insistirse, porque se corre el peligro de "pasar la rosca". Una rosca está pasada cuando la punta del filete de rosca se descabeza, quedando plana la rosca y por tanto, sin aprieto.

Existen varios tipos de rosca, el más dominante es el llamado "**métrico**" o "**métrica**", donde la rosca es proporcional al diámetro del tornillo en milímetros. La rosca que le sigue es el **sistema Whitworth**, pero también existen otros sistemas de rosca como son:

- **Métrico** sistema internacional (S.I.)
- **Whitworth**
- **Rosca fina** sistema internacional (I.S.A.)
- Rosca corriente sistema internacional (I.S.A.)
- Rosca corriente Whitworth B.S.W.
- Rosca de gas Whitworth B.S.P.
- Rosca americana Sellers (U.S.S.)
- Rosca British Association B.A. para relojería
- Rosca para bujía de automóviles
- **Rosca Edison para lámparas y tapones fusibles**
- Rosca para grifos (ADM. F)
- Rosca "Briggs" para tubos de gas y agua
- Rosca C.E.I para bicicletas y motos
- Rosca S.A.E. (Standard) para aviación
- Rosca Lowenherz para instrumentos de óptica
- Rosca Stauffer para engrasadores

Hallar el paso de rosca

La similitud de los diámetros de roscas hace caer en el error, por lo que se debe de comprobar el paso de rosca. Para el paso de rosca, existen las **galgas de rosca,** en forma de peine figura 9

Figura 9 GALGA PARA MEDIR PASO DE ROSCA

Se procede como se indica en la figura 10, teniendo la precaución de limpiar antes muy bien la basura o grasa acumulada en el fondo de rosca

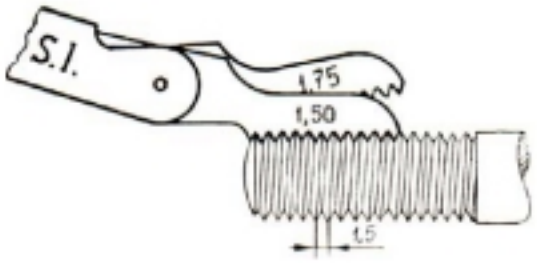


Figura 10 COMPROBANDO QUE EL PASO DE ROSCA ES

La comprobación de la rosca con el peine se hace mirando al trasluz el asentamiento de la galga sobre el tornillo a todo el largo del peine de modo que no se vea ninguna luz (ver figura 11)

Figura 11 **a PASO MENOR**; **b PASO MAYOR**

Suponiendo que entre dos peines consecutivos ocurra lo que se aprecia en la figura 11 en que no coincide el paso exactamente, uno por ser menor y otro por mayor, esto quiere decir que la rosca es otro sistema de rosca distinto.

Figura 12 GALGAS SISTEMA WHITWORTH

Figura 13 GALGAS SISTEMA MÊTRICO UNIVERSAL

Orden de apriete para sujeción de un motor

La sujeción de un motor suele hacerse con cuatro tornillos, **el tornillo debe de tener el mismo diámetro que el agujero de las "patas" del motor**. Utilizar un tornillo de la mitad del diámetro que el taladro hace que el motor pueda tener holgura, que cabecee y se mueva. En el asentamiento de un motor a su base se suelen utilizar como suplementos de altura unas finas placas de hierro o acero, de forma que antes de apretar el motor se vea que no "cojea". Caso de que no asiente bien, a lo mejor solo hace falta suplementar una sola de las cuatro patas, a veces dos del mimo lado y otras veces puede ser de lados opuestos. En todo caso, para comprobar esto será necesario tener los cuatro tornillos de sujeción colocados, pero sin apretar del todo, una vez afianzado el motor se procederá al apriete, pero uno por uno, sino los cuatro al mismo tiempo; esto se consigue alternando de un tornillo al de enfrente y cambiando de uno a otro hasta conseguir él apriete máximo de todos los tornillos, siguiendo la disposición de cruz.

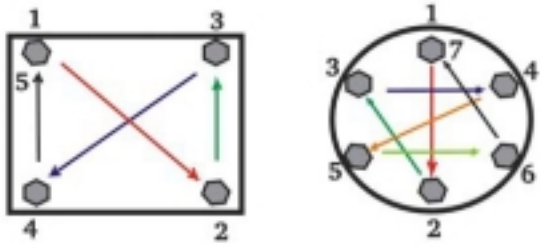


Figura 15 ORDEN DE APRIETE DE TORNILLOS

En la figura 15 se ve que el primer tornillo que debe de apretarse es el que esté mas alto, para que ayude a soportar el peso. No se aprieta nunca hasta el final, se deben de tener todos los tornillos colocados y semi apretados, el siguiente tornillo es el de abajo más alejado al primero, luego cruzando siempre, se va alternado uno de arriba con otro de abajo, hasta que se llega de nuevo el primero. Entonces se aprieta definitivamente todos. Esta forma de proceder garantiza que la unión es plana y completa; De no seguir un orden de flechas cruzadas puede ocurrir, que el motor, quede un lado más levantado que del otro, y cuando comience a trabajar las correas se desgastarán más rápidamente de lo previsto debido a un roce lateral, o en caso de engranajes los dientes se partirán o al menos producirán chirridos debido al la pequeña inclinación del motor en su asiento

3. ALINEACIÓN DEL MOTOR CON LA MÁQUINA

Tanto el motor como la máquina se colocan sobre vigas de hierro, que sirven de base al conjunto, a esta base se le llama "bancada" (figura 16). En montajes antiguos, las bancadas se anclaban al suelo por medio de largos pernos asegurados con cemento. Hoy día, las bancadas llevan unas gomas antideslizantes que hace innecesario tomar otras precauciones, la máquina no se moverá.

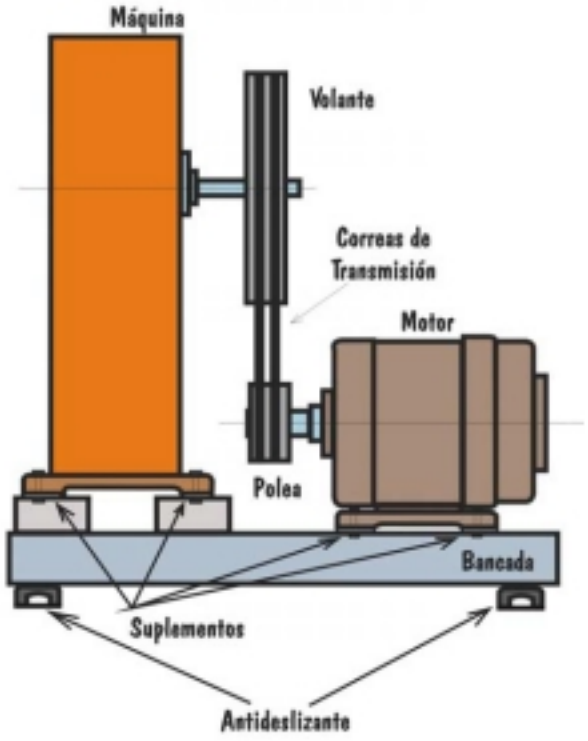


Figura 16 PUNTOS DE INTERÉS DE UN MONTAJE

La máquina de fábrica viene perfectamente alineada, y no es preciso hacer ajustes. Estos ajustes habrá que hacerlos si se desmonta el motor para una reparación o si se sustituye por otro. Al colocar el motor se ha de tener cuidado que todas las correas quede tensas y rectas. Los principales defectos de un montaje son:

Motor desplazado lateralmente

Si el motor está desplazado lateralmente, la correa en vez de trabajar sobre su centro, lo hará lateralmente, produciendo desgaste lateral de uno solo de los lados, por lo que se desgastará a doble velocidad de lo previsto y además la transmisión patinará, impidiendo que la máquina marche a su velocidad normal.

Correas flojas

Normalmente las correas suelen tener un tensor, que como en el caso de las lavadoras suele ser el propio peso del motor, pero en el caso de la figura 8 el tensado de las correas se hace quitando los suplementos del motor y aumentandolo en la base de la máquina, las correas flojas producen frenado de la máquina y desgaste de las correas, se nota porque interiormente la correa brilla mucho.

Correas muy tensas

Cuando el tensor de las poleas está muy apretados, los ejes tienden a doblarse, los cojinetes trabajan con dificultad y se suelen partir, una correa demasiado tensa, también suelen partirse, aunque lo normal es que estropee antes el cojinete que la correa, por eso, cuando se coloca un nuevo rodamiento, conviene cerciorarse si la correa está convenientemente apretada. Una correa muy tensa puede producir vibraciones, debido a que dobla los ejes, por esto se parten los cojinetes.

Sentido de la marcha

En toda máquina, incluso en aquellas que tienen doble sentido de giro, **existe junto al motor, o junto al volante principal, una flecha pintada** sin letrero alguno, para indicar cual es el sentido en que ha de girar el motor en la primera posición del interruptor de marcha (figura 9). Cuando se conecta por primera vez el motor trifásico, se da marcha durante unos segundos, para comprobar que el giro es correcto y una vez cerciorado se para, se cierran todas las protecciones y ya está lista la máquina para hacer la primera prueba.

Chavetera

El movimiento del motor se transmite a la máquina a través de su eje, generalmente por medio de una polea, otras veces, se utiliza un engranaje, tanto en el primer caso como en el segundo hace falta que la polea o engranaje no patine sobre el eje del motor.

Para conseguir que entre el eje y el sistema de transmisión utilizado no haya deslizamiento, se coloca una especie de cuña que hace solidarias estas dos piezas. A esta pieza se le llama chaveta, y al alojamiento donde se coloca chavetera o chavetero.

La chaveta, no es en forma de cuña, sino de caras planas y paralelas. Es muy importante que esta pieza no se pierda, en todo motor nuevo viene incluida la chaveta, cuya forma más común es la de figura 17.

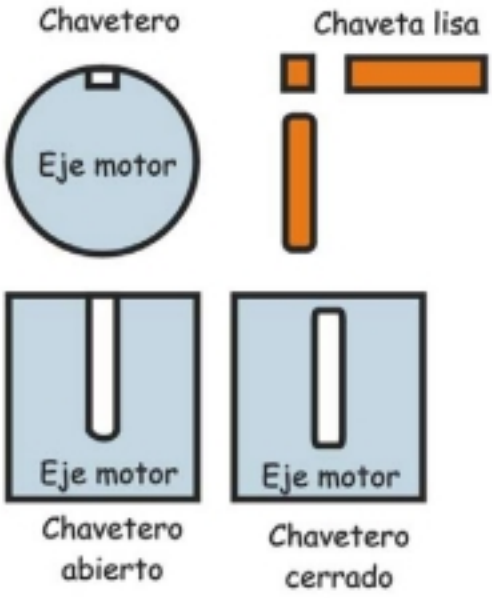


Figura 17 CHAVETERO Y CHAVETA

Existen otras formas de chaveta, como las de tacón, de la figura 18

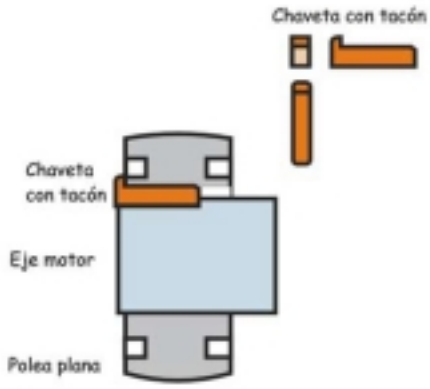


Figura 18 CHAVETA DE TACÓN

Otras formas menos frecuentes son las chavetas que se emplean en los ejes de transmisión de grandes potencia, como por ejemplo en los grupos electrógenos, muy similares al palier de un vehiculo con **chavetas paralelas**

Figura 19 CHAVETAS PARALELAS

Aún menos frecuente son las **chaveteros en V**, como el de la figura 20

Figura 20 CHAVETERO EN V

Tanto unos como otros, lo que se pretende es que no existan deslizamientos entre el motor y la máquina. Los chaveteros en V, suelen llevar entre el eje del motor y el eje de la máquina un **taco de goma sintética** que absorba las vibraciones que se producen en los arranques y paradas, a fin de evitar ruidos de golpeteo que se suelen originar, incluso en la marcha normal.

Holgura de las correas

El fabricante indica, en el libro de mantenimiento, la forma de medir la holgura de las correas (figura 21), no todas tiene el mismo juego de espacio, a mayor distancia entre volante y motor, corresponde mayor holgura. Cuando la correa es muy corta apenas tiene recorrido, pero todas deben de permitir que al apretarla en el centro del vano entre poleas, al menos se mueva un poco, caso de no moverse nada sin duda está demasiado tensa.

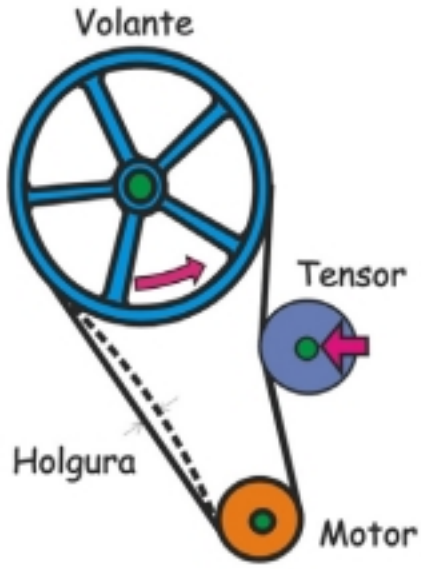


Figura 21 HOLGURA DE UNA CORREA DE TRANSMISIÓN

Puesta en servicio

El libro de instrucciones indica como se hace la primera prueba, **hay máquinas que no pueden funcionar en vacío porque se deteriora**, como ocurre con los microondas, y las bombas de agua; **otras máquinas deben de arrancar siempre en vacío**, y una vez pasado el período de arranque, que suele ser de escasos minutos (menos de cinco) entonces se mete en carga. En caso de que se observe que la máquina no hace bien el trabajo, **compruebese, antes de nada, que no trabaja en sentido inverso al previsto**.

Comprobado que el funcionamiento mecánico es el correcto, se puede pasar a verificar consumos y **ajustar los relés térmicos al consumo con carga** de trabajo a rendimiento normal.

Después de un período de prueba se deben de verificar toda la tornillería que se ha tenido que utilizar en el montaje, para cerciorarse de que no ha quedado ningún tornillo mal apretado, también las conexiones de los conductores de corriente.

4. MÁQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA

La característica principal de los motores de corriente alterna es que necesitan un mantenimiento mecánico mínimo, el engrase, aunque hoy día ni siquiera necesitan engrase, al estar formado por cojinetes «empaquetados».

El mantenimiento eléctrico, no reviste ninguna diferencia con el de cualquier otro sistema eléctrico, como apriete, secciones o aislamientos.

5. MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

A los cuidados antes descritos se añaden los derivados de la existencia de **las escobillas, que se desgastan y es necesario reponerlas** por otras de similares características.

Las escobillas usadas corrientemente (figura 22) son **electrografíticas** y **metalografíticas**.

Las escobillas **electrografíticas** están construidas de **carbón y un aglomerante**, que, mediante un **recocido al horno eléctrico**, se transforma en grafito artificial.

Las escobillas **metalografíticas** son **una mezcla de carbón, grafito, cobre y otros metales**, todos ellos finamente pulverizado y aglomerado en **un proceso al horno eléctrico**. Se distingue de las anteriores por ser de un color más rojizo y tener mayor brillo metálico.

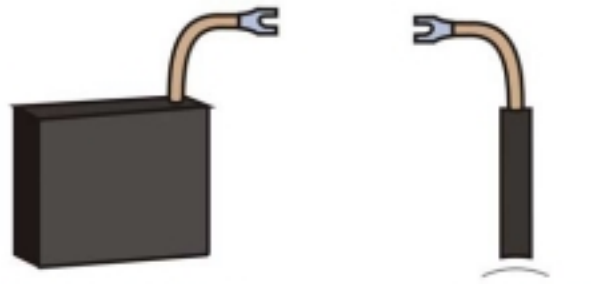


Figura 22 Escobilla

6. MOTORES CON ANILLOS

Los **motores de corriente alterna con rotor bobinado llevan anillos en vez de colector**. Los anillos, al ser liso, **no desgasta las escobillas**; la duración de estas escobilla se prolongan, no sólo por este hecho, sino que además, permite emplearse **escobillas metálicas de cobre o latón**, preparadas en forma de láminas o tela metálica bien comprimidas y remachadas entre sí.

7. INDUCIDOS DE MOTORES PARA CORRIENTE CONTINUA Y UNIVERSALES

El roce continuo de escobilla con el colector, provoca un doble desgaste. Por un lado de la escobilla, que se convierte en fino polvo que se deposita entre delga y delga. Por otra parte, las delgas también se desgastan formándose un escalón en la superficie de la delga.

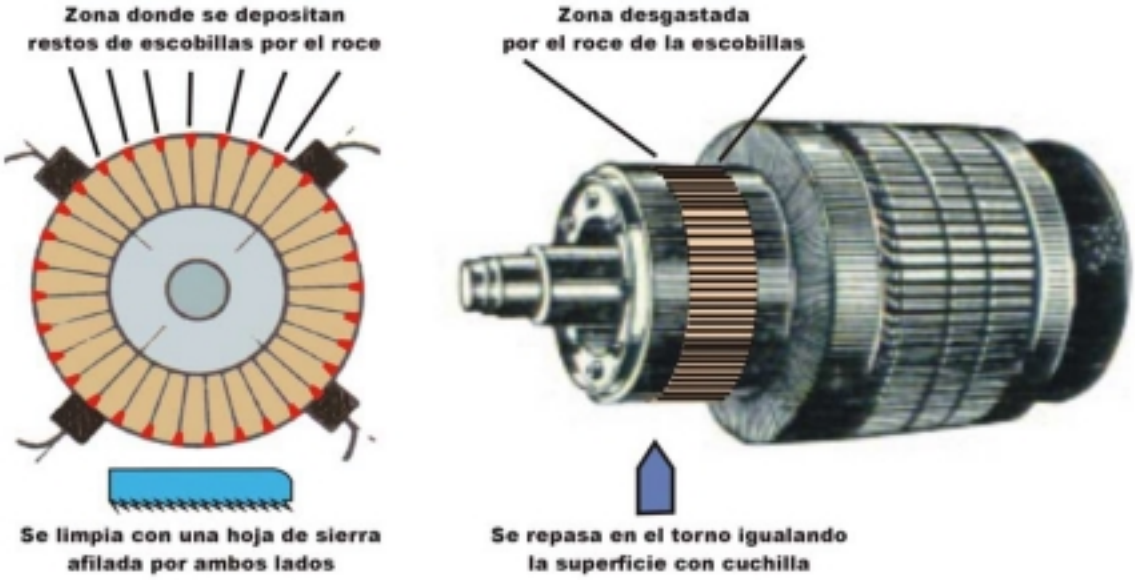


Figura 23 ZONAS DEL INDUCIDO QUE NECESITAN REPARARSE

La reparación de las zonas marcadas en rojo, se hace utilizando una hoja de sierra, preparada en la piedra de afilar(figura 23). Se amuela la traba de la hoja hasta dejarla lisa, y sin ahondar mucho, se limpia, con esta operación bastará en la mayoría de los casos.

Cuando la superficie presenta escalones de desgaste, es necesario llevar el inducido en un torno y pasarle la cuchilla para dejar cilíndrica la superficie, esta operación debe de hacer con un tornero experto, porque una pasada de la cuchilla demasiado profunda puede inutilizar el colector (figura 23). Después de pasada la cuchilla, se precederá a repasar delga por delga con la hoja de sierra preparada la rebaba que haya quedado por la acción de la cuchilla.

La limpieza del inducido se hace con brocha y un líquido que sea volátil, como la gasolina o el alcohol, nunca gasoil o detergentes, se busca no dañar el aislamiento y que no queden restos líquido del limpiador usado. Por supuesto que nunca se usará agua.

Caso de usarse papel de lija deberá ser del doble cero para metales.

8. COMPROBACIÓN DE MOTORES

Todas las bobinas que lleven un motor acabarán en los seis bornes de conexión para poder conectarse en estrella o triángulo, para comprobar el motor lo primero que hay que hacer ver si da derivación a masa, si lo hay el motor debe ser rebobinado

Si no es así derivación a masa se quitan los puentes, y se comprueba que no hay continuidad entre dos bornes de un mismo lado (principios o finales de bobina). Si dos bornes contiguos dan continuidad el motor está quemado.

Una vez comprobado que no hay derivaciones se comprobará si hay bobina cortada, cada principio de bobina tiene que tener un final, situado en cualquiera de los tres tornillos de abajo menos en el de enfrente (figura 24).

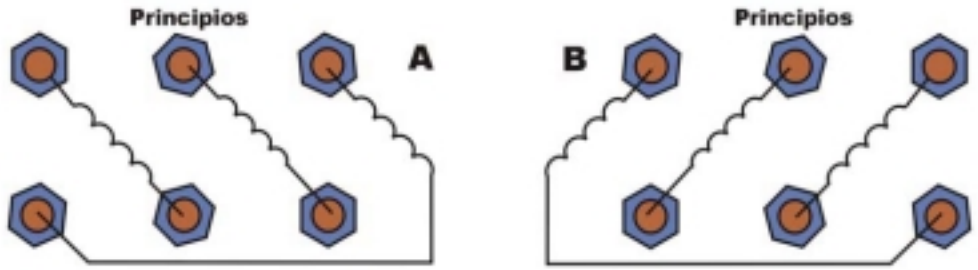


Figura 24 PRINCIPIOS Y FINALES BOBINAS MOTOR TRIFÁSICO

Solo cabe dos posibilidades que la del centro se corresponda con el de la derecha (A) o con el de la izquierda (B). Si no hay continuidad con ninguno de los dos, la bobina está cortada y la solución también será rebobinar el motor.

9. CHAPA DE CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES Y GENERADORES

A fin de conocer el consumo de un motor, identificarlo y facilitar su recambio por otro idéntico, en caso de avería. Cada motor lleva una placa con un número de serie y unas letras que indica el modelo. Además, para calcular la línea, el contactor y el relé térmico ha de llevar obligatoriamente el consumo y la tensión de trabajo. El los motores primitivos estas placas eran muy resumidas y el consumo venía marcado por la fuerza en caballos de vapor que podía desarrollar este (figura 25).

Figura 25 PLACA DE CARACTERÍSTICA DE UN MOTOR ANTIGUO

Hoy día la placa de características de un motor son muchos más precisos, y se ha eliminado la referencia en CV indicándose, no solo el consumo en KW sino el consumo en amperios y el factor de potencia. Además cuando se trata de un generador se añaden los datos necesarios para la corriente de excitación (figura 26)

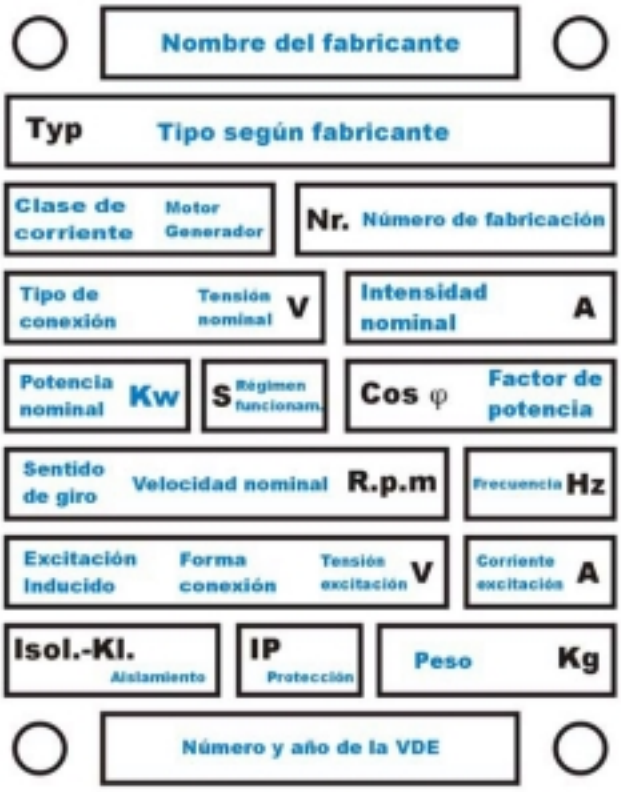


Figura 25 PLACA DE CARACTERÍSTICA DE UN MOTOR MODERNO

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual
Electricidad industrial
Módulo 3
Máquinas eléctricas

Tema 5
Transformadores y autotransformadores

TEMA 5

Transformadores y autotransformadores, ensayos en vacío y verificación

Índice

1. Aplicación de los transformadores 1
2. Principio de funcionamiento de un transformador 3
3. Constitución general de un transformador 4
4. Sentido de arrollamiento 10
5. Transformadores trifásicos 12
6. Circuitos magnéticos de transformadores trifásicos 12
7. Conexionado de transformadores trifásicos 13
8. Formación de un banco trifásico 16
9. Grupo de conexiones 19
10. Comprobación de transformadores 19
11. Autotransformadores 21
12. Constitución general de un autotransformador 24
13. Testeo y verificación de transformadores 26
14. Bornes correspondientes de un transformador monofásico 27
15. Acoplamiento en paralelo de transformadores monofásicos 29
16. Comprobación experimental antes de la puesta en servicio 30
17. Ensayo para determinar la posibilidad de acoplamiento en paralelo de transformadores trifásicos 31
18. Ensayo en vacío 33
19. Ensayos en carga 36
20. Diagrama vectorial de Kapp 39
21. Dispositivo de regulación de tensión 44
22. Rendimiento del transformador 45
23. Chapa de caracteristicas de los transformadores 46

TEMA 5

Transformadores y autotransformadores, ensayos en vacío y verificación

1. APLICACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES

Los transformadores estáticos son máquinas eléctricas que permiten **modificar los factores de la potencia, tensión e intensidad de corriente**, con el fin práctico de que éstos tomen los valores mas adecuados para el transporte y distribución de la energía eléctrica, pero sin cambiar su forma.

La utilidad práctica de los transformadores estáticos se deriva de la **economía resultante al efectuar el transporte de la energía eléctrica** a tensiones elevadas en razón a que la sección de conductor necesaria en una línea es inversamente proporcional al cuadrado del valor de la tensión adoptada para el transporte de la electricidad.

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{V_2^{\,2}}{V_1^{\,2}}$$

Expresión que dice: «**la sección** y por tanto el peso del conductor necesario en una línea, para transmitir una determinada potencia eléctrica, **está en razón inversa del cuadrado de la tensión** empleada para el transporte».

Este razonamiento explica la conveniencia del empleo de muy elevadas tensiones en el transporte de la energía eléctrica. Ahora bien, en los generadores se presentan fuertes inconvenientes para obtener f. e. ms. elevadas por ser difícil conseguir aislamientos seguros. Por esta razón, en corriente alterna **resulta más práctico generar en el alternador una tensión de 6.000 a 13.000 voltios y elevarla luego en un transformador al valor deseado para el transporte.**

El empleo de transformadores estáticos resuelve también un segundo problema, cual es el que se presenta en los lugares de utilización de la energía eléctrica. Los receptores eléctricos deben trabajar a tensiones bajas, de acuerdo con lo reglamentado oficialmente. Ello exige que **las tensiones elevadas empleadas en el transporte de la electricidad sean rebajadas a valores no peligrosos para las personas** encargadas de manejar los aparatos eléctricos.

Según su función, los transformadores pueden ser de dos tipos distintos:

< ***Elevadores.*** Son transformadores colocados en las centrales productoras de energía eléctrica, cuya función consiste en ***elevar*** **la tensión generada en el alternador** hasta el valor deseado para el transporte. En la figura 1 el transformador T_1 eleva la tensión de 6.600 a **132.000** voltios.

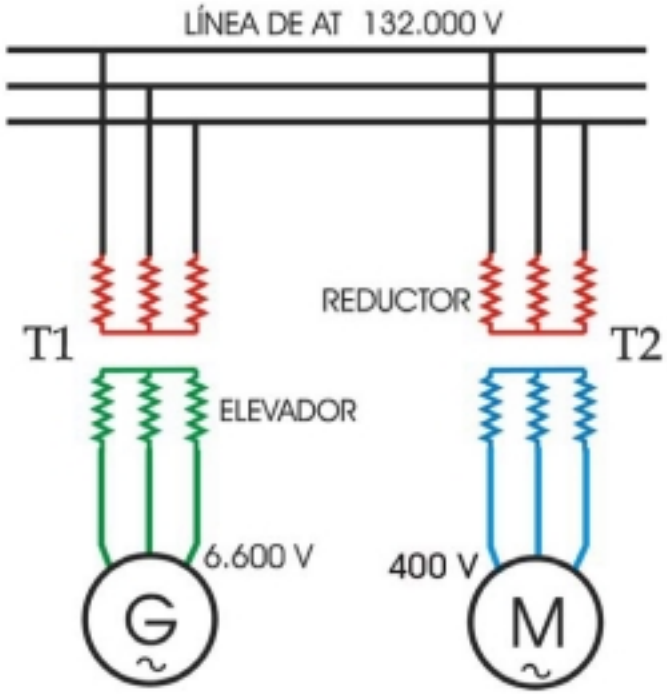


Figura 1 ESQUEMA DE TRANSPORTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

< ***Reductores.*** Son transformadores colocados en los lugares de utilización de la energía eléctrica, cuya función consiste en ***reducir*** **la tensión de la red a un valor aceptable para su empleo práctico**. En la figura 1 el transformador T_2 reduce la tensión de 132.000 a **400 voltios**. En la práctica, la reducción total desde la tensión de transporte hasta la de utilización se efectúa en escalones de tensión intermedios, mediante sucesivos transformadores reductores.

2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR

Para adquirir una idea clara del funcionamiento de un transformador estático, vease la construcción más elemental. Sea (figura 2) un circuito magnético simple, constituido por dos columnas y dos culatas, en el que han sido arrollados dos circuitos eléctricos: uno, constituido por una bobina de N_1 espiras, es conectado a la fuente de energía eléctrica de corriente alterna y recibe el nombre de ***bobinado primario***. Un segundo bobinado, llamado ***secundario***, constituido por N_2 espiras, permite conectar a sus dos extremos libres a un circuito eléctrico de utilización, al que cede la energía eléctrica absorbida por el bobinado primario.

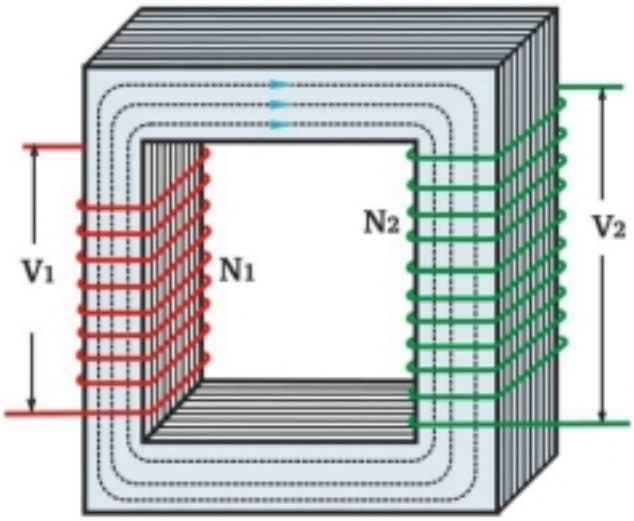


Figura 2 TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

En primer lugar, se deduce que **un transformador puede ser considerado, desde el punto de vista del bobinado primario, como un receptor de corriente**, mientras que **desde el lado del bobinado secundario es un verdadero generador eléctrico.**

El efecto combinado de **ambos bóbinados recorridos por sus respectivas corrientes, determina una fuerza magnetomotriz que da lugar a que se establezca un flujo de líneas de fuerza alterno senoidal en el circuito magnético del transformador**.

Este flujo, que es común para los dos bobinados, sirve para transmitir la energía eléctrica de uno a otro. Por otra parte, **por ser un flujo variable, hace que en ambos bobinados, se genere una fuerza electromotriz inducida**. Ahora bien, **la f. e. m. generada en el bobinado primario, al igual que en un motor, es una verdadera fuerza contraelectromotriz**, mientras que la que se genera en el bobinado secundario es aprovechada en el circuito exterior de utilización.

3. CONSTITUCIÓN GENERAL DE UN TRANSFORMADOR

Circuito magnético

< ***Núcleo.*** En los circuitos magnéticos de los transformadores se emplea **chapa magnética extra-superior con *alta proporción de silicio* (2 al 4 %) y pérdidas por histéresis muy bajas.** Por otra parte, al objeto de reducir las pérdidas por corrientes parásitas, la chapa magnética es **de 0,35 mm. de espesor**, siendo ***esmaltada* cuidadosamente con un barniz especial**.

< ***Sección de hierro neta.*** Por dos motivos distintos: uno el esmaltado de las chapas y otro el apilado de todas las que constituyen el núcleo, la sección útil de hierro para el paso de las líneas de fuerza resulta menor que la sección geométrica del núcleo. Se admite que **la sección neta S_n** ofrecida al paso de las líneas de fuerza es el **86 % de la sección geométrica S_g del núcleo**. Así, pues, se puede poner la expresión

$$Sn = 0{,}86\ Sg$$

Formas del circuito magnético. Desde el punto de vista de la forma del circuito magnético, los transformadores monofásicos pueden ser de dos clases: **de columnas** y **acorazados**.

< **De columnas** o de circuito magnético simple (figura 3) es el formado por **dos columnas iguales y dos culatas**. En cada columna va arrollada **la mitad de las espiras de cada bobinado**, tanto de alta como de baja tensión.

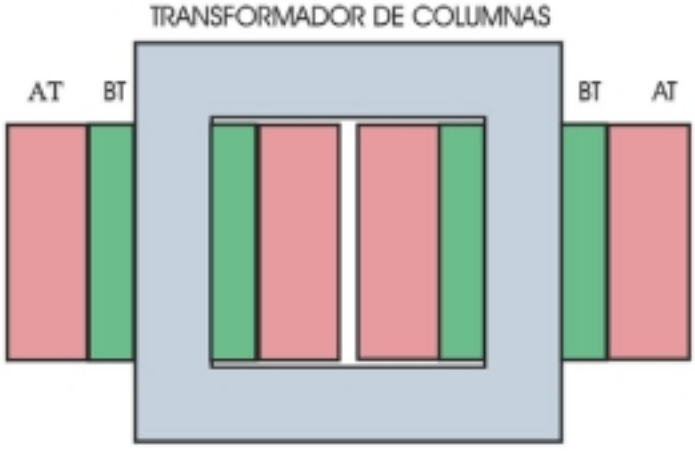


Figura 3 TRANSFORMADOR SIMPLE O DE COLUMNAS

< **Acorazado** o de circuito magnético doble (figura 4) es el formado por **dos culatas** y **tres columnas**. **La columna central tiene doble sección de hierro que las dos laterales**, para que así resulte igual la inducción, ya que en la columna central se establece el flujo total del transformador, mientras que en **las laterales sólo existe la mitad de ese flujo total.**

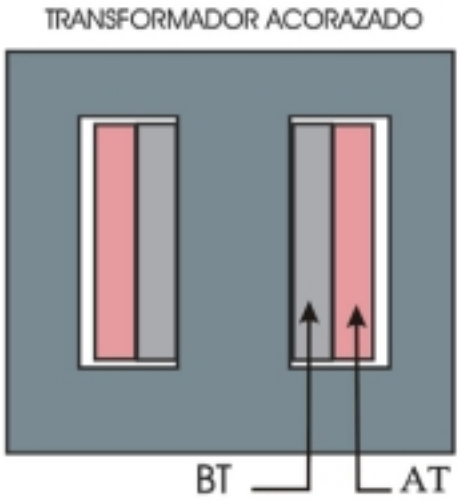


Figura 4 TRANSFORMADOR DOBLE O ACORAZADO

En estos transformadores los dos bobinados tienen **todas sus espiras arrolladas en la columna central**. Los transformadores acorazados son de aplicación muy limitada, **sólo para muy pequeñas potencias**, empleándose casi exclusivamente en radio y aplicaciones similares.

< **Disposición de las columnas.** Las columnas de los transformadores pequeños (hasta **50 KVA**) son construidas de sección transversal rectangular (figura 5).

Figura 5 NÚCLEO DE TRANSFORMADOR RECTANGULAR

En cambio, en **los transformadores de más potencia**, conviene aprovechar todo lo posible los materiales activos, lo que se consigue activando hasta el máximo la refrigeración del circuito magnético. Con este objeto, se adopta en las columnas secciones transversales de **perímetro escalonado** (figura 6), construcción que aumenta la superficie del núcleo en contacto con el medio refrigerante.

Figura 6 NÚCLEO DE TRANSFORMADOR ESCALONADO

Con transformadores de muy elevada potencia es preciso aumentar aún más la **superficie de refrigeración del núcleo**, por lo que, además de adoptar columnas escalonadas, se dejan canales de ventilación en la masa de los núcleos (figura 7).

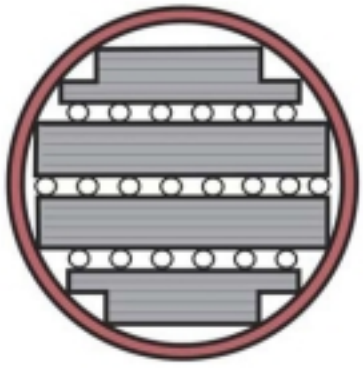


Figura 7 NÚCLEO DE TRANSFORMADOR CON CANALES DE REFRIGERACIÓN

< **Juntas entre columnas y culatas**. Las juntas entre columnas y culatas pueden ser ejecutadas de dos maneras distintas: **a tope** y **encajadas**.

La ***junta a tope*** se obtiene por simple contacto de ambas partes. Siendo importante disminuir la reluctancia del circuito magnético, es preciso alisar perfectamente las superficies de contacto. A pesar de que **tienen la gran ventaja de facilitar el desmontaje y reparación de los bobinados, en la práctica está casi totalmente abandonada esta clase de junta.**

La ***junta encajada*** se realiza **entrelazando las chapas de las columnas y culatas**, para lo cual se forman paquetes (cada uno constituido por tres o cuatro chapas), que se disponen alternativamente en las posiciones indicadas por la figura 8. Esta forma de realizar las juntas **es la adoptada generalmente**, debido a que reduce la reluctancia del circuito magnético y **permite una sujeción más perfecta del conjunto** del mismo.

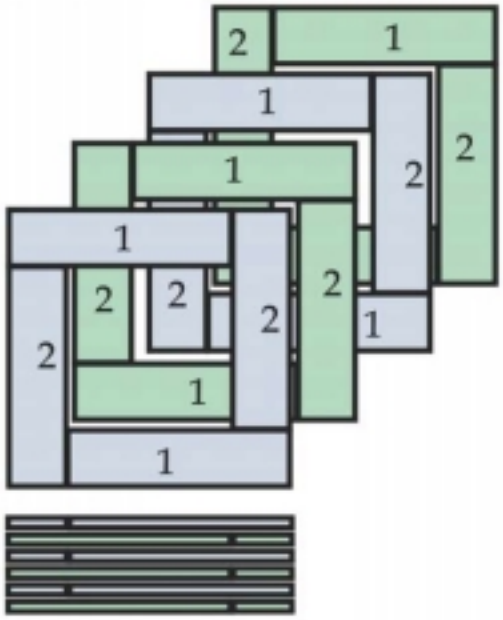


Figura 8 DISPOSICIÓN ENCAJADA DE LAS CHAPAS

< ***Aprieto del núcleo.*** Los núcleos magnéticos deben ser rigidamente sujetos. En los transformadores pequeños la sujeción de las columnas se efectúa arrollando varias capas de cinta de algodón. En los núcleos más grandes se efectúa el aprieto de las columnas mediante espárragos **E** de acero roscados y tuercas **T** (figura 9).

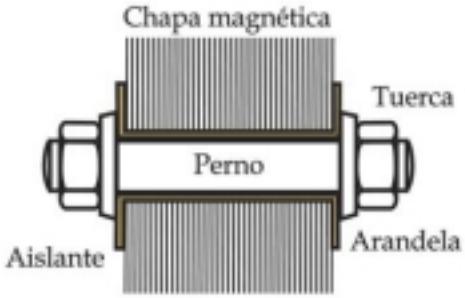


Figura 9 APRIETE DEL NÚCLEO DE UN TRANSFORMADOR

A fin de evitar que los espárragos y las chapas en contacto con ellos formen circuitos cerrados, en los que se generarían f. e. ms. que darían lugar a corrientes de circulación en chapas y espárragos, es necesario **aislar estos tornillos cuidadosamente**, para lo cual van enfundados en un tubo de papel baquelizado. Además, arandelas del mismo material o de **cartón presspan** separan las chapas de las arandelas de acero sobre las que se apoyan las tuercas.

Circuitos eléctricos

Los dos circuitos eléctricos de un transformador, tanto el primario como el secundario, ejercen funciones similares y **la construcción de ambos es esencialmente igual**.

Los transformadores monofásicos acorazados van provistos de una sola bobina por cada circuito eléctrico, estando colocadas **las dos bobinas de la máquina en la columna central** del circuito magnético.

En los transformadores monofásicos de circuito magnético simple, ambos circuitos eléctricos, tanto el primario como el secundario, están divididos en dos partes iguales, cada una de las cuales contiene la mitad del número de espiras del circuito. En cada columna del circuito magnético se dispone una de las dos mitades de cada bobinado.

La disposición de las bobinas de bobinados primario y secundario de una misma columna puede ser efectuada de dos maneras diferentes: **concéntrica** y **alternada**.

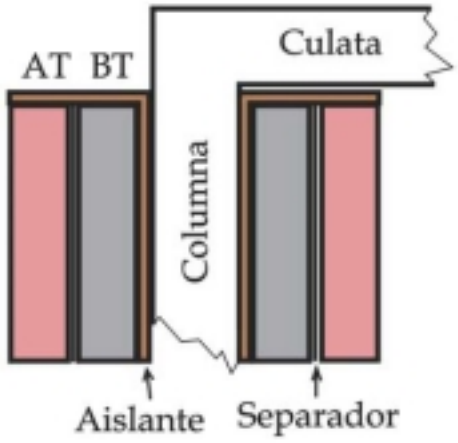


Figura 10 BOBINADOS CONCÉNTRICOS

< **La disposición Concéntrica**, que es **la más empleada**, consiste en colocar concéntricamente las dos bobinas correspondientes a una misma columna (figura 10). Al objeto de dar seguridad al aislamiento, **la bobina de baja tensión es colocada junto al núcleo de hierro** y exterior a ella, y separada por un cartón aislante, va dispuesta la bobina de alta tensión.

Esta disposición ofrece además una apreciable ventaja cuando hay que reparar **el bobinado de AT,** que **es el más propenso a averías.**

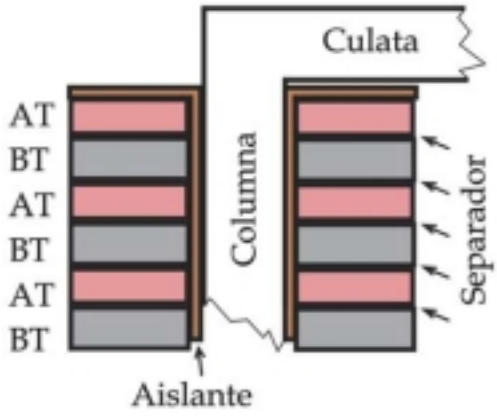


Figura 11 BOBINADO ALTERNADOS DE PRIMARIO Y SECUNDARIO

< **La *disposición alternada*** de los bobinados **se emplea raramente**, **sólo en transformadores de muy elevada potencia** y fuertes corrientes. En esta disposición se subdivide cada bobinado en varias bobinas parciales que tienen forma de disco y se colocan alternativamente a lo largo de cada columna (figura 11), separando las de alta y baja tensión mediante arandelas de papel baquelizado. Por otra parte, **con el fin de dar más seguridad al conjunto del bobinado, se hace que las dos bobinas elementales situadas en los extremos de la columna sean de baja tensión**, para lo cual llevan éstas la mitad del número de espiras que las otras bobinas del mismo bobinado de BT.

Construcción de bobinas

Las bobinas de transformadores se construyen aparte. Su ejecución ha de ser muy cuidadosa, procurando que resulten de **elevada rigidez dieléctrica y gran solidez mecánica**. Para conseguir estos resultados se arrollan las espiras sobre tubos de papel baquelizado.

Generalmente, la bobina de alta tensión contiene un elevado número de espiras, por lo que **se subdivide en varias *bobinas elementales* de poca altura**. Esta subdivisión hace que **la tensión entre dos capas de espiras consecutivas se mantenga dentro de un valor prudencial**.

En algunos casos en que el bobinado llamado de baja tensión es también de tensión elevada, se construye como los de alta tensión, dividiendo cada bobina en varias bobinas elementales.

En cambio, **cuando el bobinado de baja tensión tiene pocas espiras, el conductor empleado es de gran sección, y para formar la bobina se arrolla de manera continua de principio a fin de cada capa.**

Sujeción de los bobinados

Entre las espiras de los bobinados de un transformador **se desarrollan esfuerzos mecánicos de repulsión** tanto en sentido radial como axial, cuando aquéllas son recorridas por corrientes eléctricas.

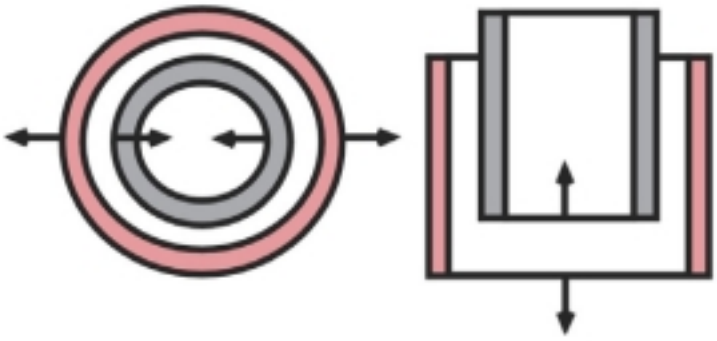


Figura 12 ESFUERZOS DE REPULSIÓN ENTRE BOBINADOS

Estos esfuerzos alcanzan valores considerables con las corrientes de plena carga y serían peligrosísimos en el caso de producirse un corto circuito en el bobinado secundario.

Los esfuerzos mecánicos de repulsión entre bobinados tienen dos sentidos, uno radial y otro axial. En la figura 12 se indica el sentido de las fuerzas radiales, y las axiales, que desarrollan un esfuerzo de tracción en los conductores de la bobina exterior y otro de compresión sobre el tubo aislante del bobinado interior, al mismo tiempo, aparecen los sentidos de las fuerzas axiales, las cuales tienden a desplazar los bobinados.

Los esfuerzos axiales son muy peligrosos, y para evitar sus perjudiciales efectos es necesario sujetar de manera eficaz las bobinas, **disponiendo tacos de madera entre bobinas** por un lado y culatas y **bridas de sujeción** por otro.

4. SENTIDO DE ARROLLAMIENTO

Para el estudio de los transformadores resulta muy interesante conocer el sentido de arrollamiento de las bobinas, el cual depende de la manera como hayan sido arrolladas las espiras al ser ejecutadas las bobinas en el torno de bobinar.

En **un torno de bobinar** (figura 13), se toman como referencias el plato y el punto; por otra parte, el sentido de giro del torno es siempre el de las agujas del reloj mirando del punto al plato, y el mandril sobre el cual se arrollan las espiras del bobinado queda sujeto entre el punto y las mordazas del plato.

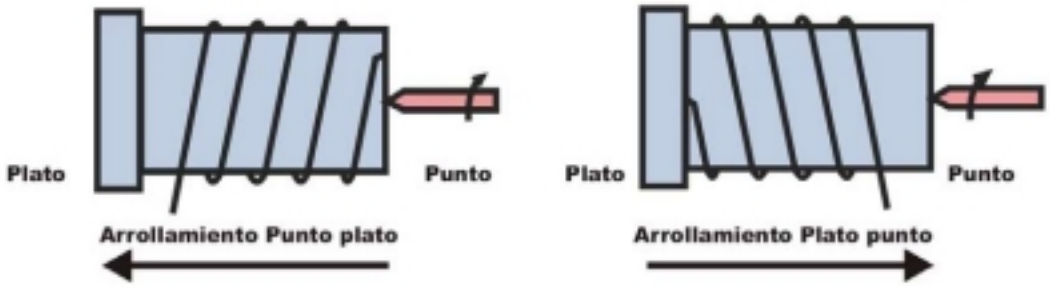


Figura 13 SENTIDO DE ARROLLAMIENTO DE LA BOBINA

La primera bobina resulta de ***punto a plato***, si al construirla, la primera espira que se arrolla sobre el mandril es la más próxima al punto, avanzando luego el arrollamiento hacia el plato (figura 13).

Cuando la bobina resulta de ***plato al punto***, si al construirla, la primera espira que se arrolla sobre el mandril es la más cercana al plato y luego avanza el arrollamiento hacia el punto (figura 13).

En una bobina ya construida se determina con gran facilidad el sentido del arrollamiento. Para ello es suficiente observar la inclinación de las espiras. Cuando la bobina es de «**plato a punto**», **la inclinación hacia abajo de las espiras va de derecha a izquierda** (figura 14), mientras que si la bobina es de «**punto a plato**» la **inclinación hacia abajo es de izquierda a derecha**.

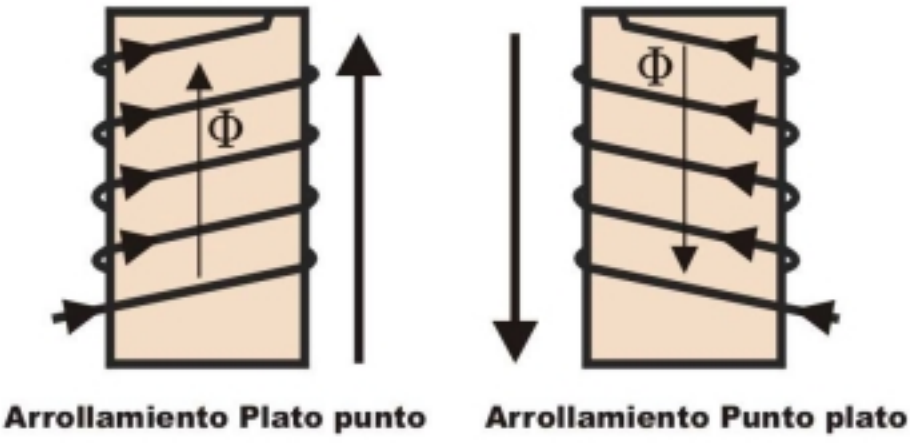


Figura 14 SENTIDO DEL ARROLLAMIENTO

Es evidente que en una bobina **el sentido del flujo resultante depende de la forma en que ha sido arrollada**, lo que puede ser comprobado en las figuras 14, en las que a pesar de que la corriente se mantiene constante, avanzando del punto al plato, resulta que **cuando la bobina es de "plato a punto" el sentido del flujo va de "punto a plato"** y en cambio, **cuando la bobina es de "punto a plato" el flujo avanza del "plato al punto".**

5. TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

La teoría de funcionamiento, expuesta el párrafo 4, es aplicable tanto para los transformadores monofásicos como para los polifásicos, ya que **el estudio de un sistema polifásico se reduce al de una fase repetido tantas veces como fases tenga el sistema.** Así, pues, a un transformador polifásico le son aplicables las leyes y fórmulas deducidas para los monofásicos, teniendo cuidado de efectuar los cálculos con los valores correspondientes a una fase.

Ahora bien, en el estudio de los transformadores polifásicos aparecen nuevos problemas debidos a la presencia de varias fases relacionadas entre sí, los cuales van a ser estudiados a continuación.

En primer lugar, es evidente que **se puede conseguir una transformación polifásica empleando tantos transformadores monofásicos iguales**, como fases tenga el sistema (ver párrafo 8).

6. CIRCUITOS MAGNÉTICOS DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

El circuito magnético de los transformadores trifásicos es construido de **tres columnas de igual sección, reunidas por dos culatas iguales**, una superior y otra inferior (figura 15 y 16). **En cada columna se dispone una frase completa de los bobinados primario y secundario**, de manera que en ella se transforma la tercera parte de la potencia total del transformador.

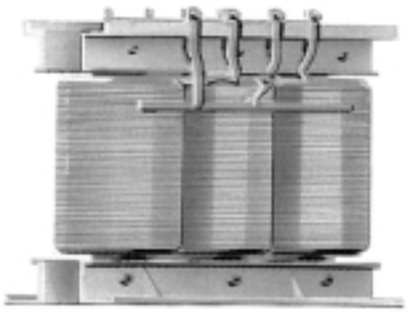


Figura 15 VISTA DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

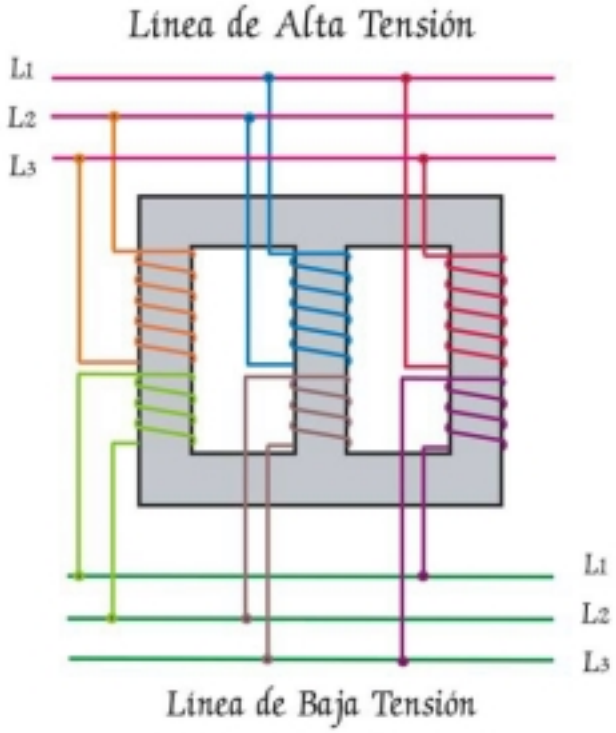


Figura 16 ESQUEMA DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

7. CONEXIONADO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

Conexión de las fases y relación de transformación

Las tres fases de cada bobinado, tanto del primario como del secundario, pueden ser conectadas entre sí, bien **en estrella**, bien **en triángulo**, dando lugar a distintas clases de transformadores. Además, en algunos casos se conectan las tres fases de un bobinado formando la conexión conocida con el nombre de ***zigzag***. Dividiendo la tensión entre fases del primario, entre la tensión entre fases del secundario se obtiene una cantidad (**m**) a la que se le da el nombre de **relación de transformación**.

$$m = \frac{V1}{V2}$$

En un transformador ***se conoce con el nombre de relación de transformación compuesta*** **al cociente que resulta de dividir los valores de las tensiones de las líneas primaria V_1 y secundaria V_2 cuando el transformador funciona en vacío.**

Transformador triángulo/triángulo

Para esta clase de transformador trifásico, las tres fases, tanto del bobinado primario como del secundario, están conectadas en triángulo (figura 17). Esta conexión se expresa abreviadamente por el símbolo que aparece junto a la figura.

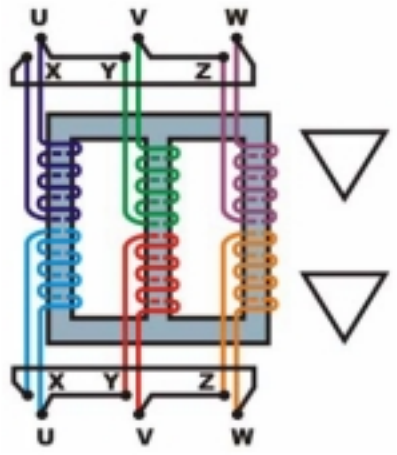


Figura 17 TRANSFORMADOR TRIÁNGULO-TRIÁNGULO

Transformador estrella/estrella

En esta clase de transformador trifásico, las tres fases de ambos bobinados están conectadas en estrella (figura 18). Esta conexión se expresa abreviadamente por el símbolo que aparece junto a la figura.

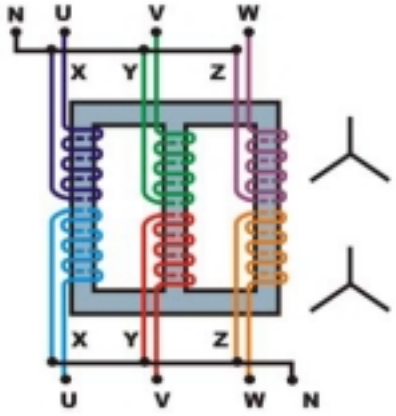


Figura 18 TRANSFORMADOR ESTRELLA-ESTRELLA

La conexión estrella se utiliza cuando la línea tiene neutro, el neutro se emplea siempre en baja tensión; mientras que, en alta tensión, se usa poco, ya que ahorrar un conductor supone en una línea de alta tensión un ahorro muy importante, debido a que, generalmente, las líneas de alta tensión tiene muchos kilómetros de largo

Transformador triángulo/estrella.

En esta clase de transformador trifásico, las tres fases del bobinado primario están conectadas en triángulo, mientras que las tres fases del bobinado secundario lo están en estrella (figura 19). Esta conexión es expresada abreviadamente por el símbolo junto a la figura

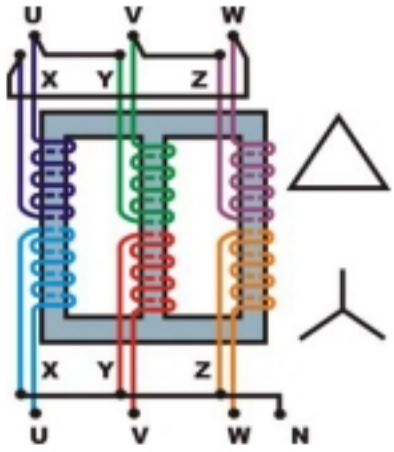


Figura 19 TRANSFORMADOR TRIÁNGULO-ESTRELLA

Transformador estrella/triángulo

En el transformador estrella/triángulo, las tres fases del bobinado primario están conectadas en estrella, mientras que las tres fases del bobinado secundario lo están en triángulo (figura 20). Esta conexión es expresada abreviadamente por el símbolo que aparece junto a la figura

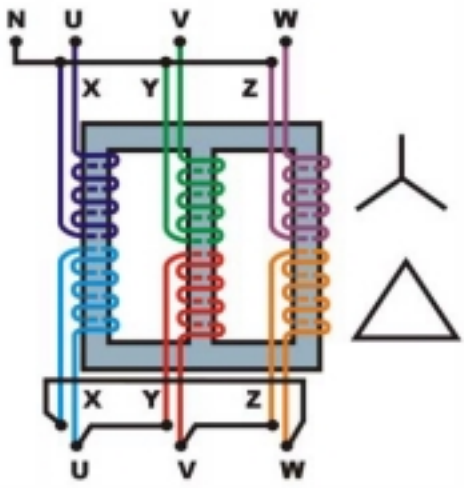


Figura 20 TRANSFORMADOR ESTRELLA-TRIÁNGULO

8. FORMACIÓN DE UN BANCO TRIFÁSICO

Recibe el nombre de ***banco trifásico*** al conjunto formado por tres transformadores monofásicos exactamente iguales, conectados entre sí de forma tal que sea posible la transformación de un sistema trifásico de tensiones (figura 21).

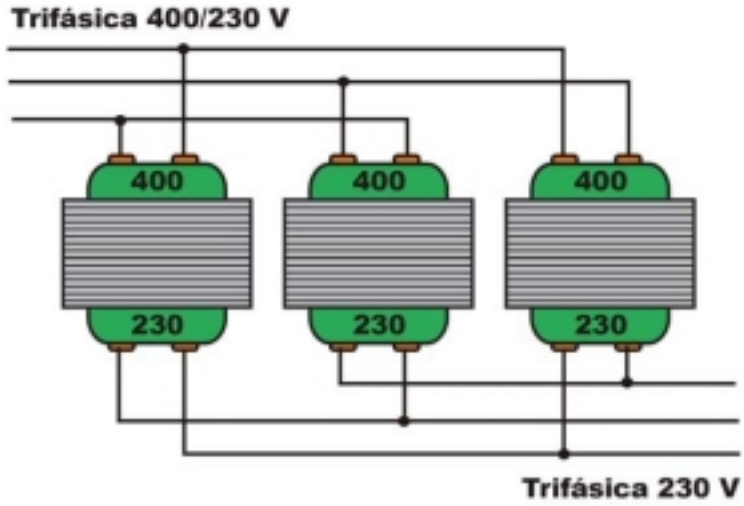


Figura 21 CONEXIÓN TRIFÁSICA DE TRES TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

El acoplamiento de los bobinados primarios por una parte y de los secundarios por la otra de los tres transformadores monofásicos componentes puede ser ejecutado en triángulo o en estrella, lo que indica que un banco trifásico puede presentar cualquiera de las cuatro formas de conexión que se acaban de describir para los transformadores trifásicos. Todas las conexiones trifásicas menos en zigzag

Figura 22 TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE PEQUEÑA POTENCIA

Transformador estrella/zigzag

Se obtiene una nueva forma de transformador trifásico conectando las tres fases del bobinado secundario de una manera especial conocida con el nombre de *zigzag* (figura 23). Esta conexión está representada abreviadamente por el símbolo que aparece junto a la figura.

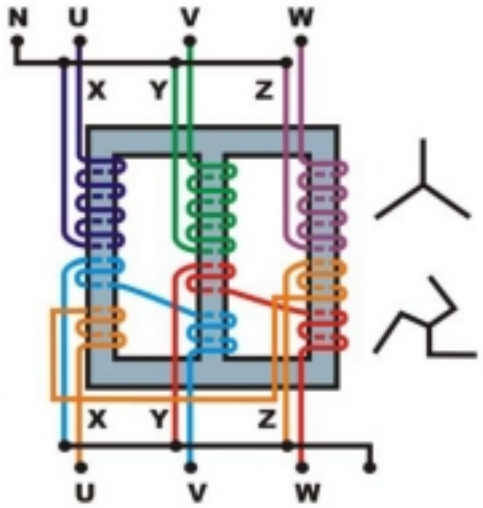


Figura 23 TRANSFORMADOR ESTRELLA-ZIGZAG

Comparación de las conexiones trifásicas

Es muy distinta la manera de comportarse de los diferentes transformadores trifásicos ante un desequilibrio eléctrico de la red secundaria.

En las redes secundarias de distribución **para fuerza y alumbrado exigen cuatro hilos, tres activos y uno neutro**, lo que obliga a que el transformador tenga su bobinado secundario conectado **en estrella o en zigzag**, con punto neutro accesible.

Por otra parte, es conveniente en los transformadores de distribución, cuyo bobinado **secundario está conectado en estrella con neutro** accesible, que el **bobinado primario esté conectado en triángulo, ya que de esta manera cualquier desequilibrio de corrientes en un conductor activo de la red secundaria repercute sobre dos conductores de la red primaria**, lo que no ocurriría si el transformador fuera estrella/estrella.

En cambio, **en un transformador triángulo/estrella**, el **desequilibrio debido a la sobrecarga de una fase repercute sobre los dos hilos de la red primaria que corresponde a la secundaria, quedando así repartido en parte el desequilibrio de corrientes**.

Transformador estrella/zigzag

Con **la conexión zigzag** al estar descompuesta cada fase del bobinado secundario en dos mitades, y colocadas en columnas sucesivas del núcleo magnético y arrolladas en sentido inverso, **un exceso de corriente en una fase del bobinado secundario repercute en directamente dos fases del bobinado primario**. Así, pues, en esta forma de transformador se consigue la misma ventaja que en la conexión triangulo/estrella, pero se conserva la disposición estrella para el primario, que mejora la forma de la curva senoidal.

Figura 24 TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE ALTA TENSIÓN

Figura 25 TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE BAJA TENSIÓN

9. GRUPO DE CONEXIONES

De las distintas formas que pueden conectarse los transformadores las seis formas principales se denominan según se especifica en la tabla siguiente:

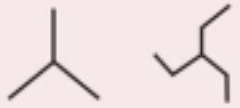
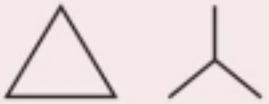
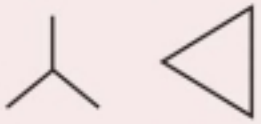
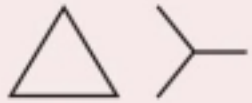
Grupo de conexión	Gráfico de conexiones	Relación de Transformación	Grupo de conexión	Gráfico de conexiones	Relación de Transformación
Yy0		$\frac{N_1}{N_2}$	Yz5		$\frac{2N_1}{\sqrt{3}\,N_2}$
Dy5		$\frac{N_1}{\sqrt{3}\,N_2}$	Yy6		$\frac{N_1}{N_2}$
Yd5		$\frac{\sqrt{3}\,N_1}{N_2}$	Dy11		$\frac{N_1}{\sqrt{3}\,N_2}$

Tabla I GRUPO DE CONEXIONES PARA TRANSFORMADORES

10. COMPROBACIÓN DE TRANSFORMADORES

ACOPLAMIENTO EN PARALELO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

La conexión en paralelo de transformadores trifásicos (o de bancos trifásicos) presenta determinados problemas. Para poder efectuar el acoplamiento en paralelo de transformadores trifásicos, es preciso que se cumplan las siguientes condiciones:

- **Las *tensiones secundarias* de los distintos transformadores funcionando en vacío deben ser iguales**, lo que exige que tengan la misma relación de transformación compuesta.
- **Las *caídas de tensión* relativas de los distintos transformadores deben ser aproximadamente iguales**, lo que exige que las tensiones de cortocircuito no se diferencien en más de un 10 % del valor más pequeño. De no cumplirse esta condición, no será correcto el reparto de la carga.
- **Los *desfases* de las tensiones secundarias respecto de la tensión de la línea de alimentación han de ser iguales** en todos los transformadores.
- **El *sentido de rotación de los vectores* de las tensiones secundarias ha de ser el mismo en todos los transformadores**.

Las **dos últimas condiciones son esencialmente eliminatorias**, ya que de no cumplirse no es posible efectuar el acoplamiento en paralelo de los transformadores. En cuanto a la primera y segunda condición son necesarias para asegurar el buen funcionamiento del conjunto de transformadores.

Transformadores que pueden ser acoplados en paralelo

No todos los transformadores trifásicos pueden ser acoplados en paralelo entre sí. **En principio, sólo es posible conseguir tal fin con aquellos que pertenecen a un mismo grupo de conexión**, aunque también pueden ser acoplados en paralelo transformadores pertenecientes a distintos grupos de conexión si previamente han sido preparados de manera adecuada.

Ensayo para determinar la posibilidad de acoplamiento en paralelo

Antes de acoplar en paralelo dos transformadores trifásicos, conviene hacer el llamado **ensayo de polaridad**. Con él se alcanza la **completa seguridad de cuáles son las bornes de ambos transformadores que deban ser conectados a un mismo conductor**, tanto de la red primaria como de la secundaria. Este ensayo es fácil de ejecutar, aunque a veces puede exigir un número considerable de medidas de tensión.

Estos ensayos se describen más adelante, en los párrafo 15 y 16 de este mismo tema.

Figura 26 LA FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES DE GRAN POTENCIA EVITA LOS INCONVENIENTES DE LOS TRANSFORMADORES EN PARALELO

11. AUTOTRANSFORMADORES

También posible efectuar la transformación de la energía eléctrica mediante *autotransformadores,* máquinas estáticas **de construcción más económica que el transformador.**

En esencia se caracteriza el autotransformador por poseer *un solo circuito eléctrico,* del cual parten cuatro salidas, dos primarias **A** y **B** y dos secundarias **C** y **B** (figura 27). Entre las bornas **A** y **B**, el bobinado tiene N_1 espiras, cuyo número corresponde a la alta tensión.

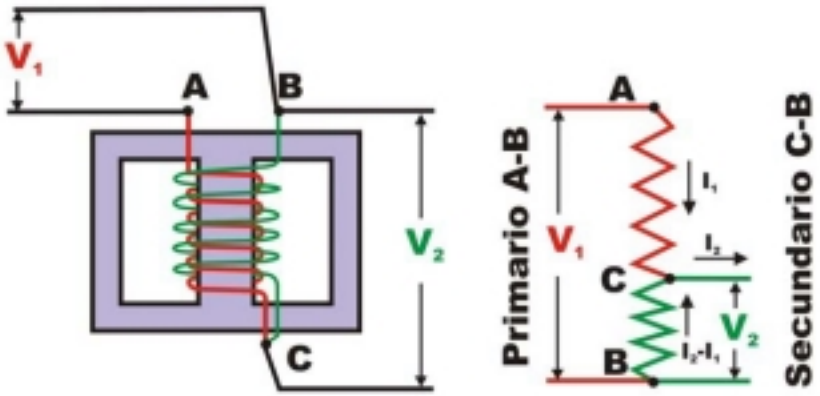


Figura 27 AUTOTRANSFORMADOR

En este bobinado se ha efectuado una derivación en el punto **C** distante, N_2 espiras del extremo **B**, de forma que el trozo **BC** corresponde a la baja tensión. Así pues, en este bobinado se distinguen dos partes distintas, una **CB** común a los circuitos de alta y baja tensión y otra **AC** conectada en serie con la anterior, que pertenece sólo a la alta tensión. Como se verá enseguida, **los conductores que forman estas dos partes son de distinta sección**.

Funcionamiento en vacío

Un autotransformador funciona en vacío cuando, **estando abierto el circuito secundario, existe la tensión nominal entre las bornas primarias**. Así en el autotransformador monofásico de la figura 27, funciona en vacío y entre las bornas **A-B** existe la tensión V_1.

Por el bobinado **circula la corriente *de vacío* de Intensidad *io*** pequeña respecto de la corriente de carga, ya que toma solamente **el valor necesario para mantener el flujo en el circuito magnético.**

Al igual que en los transformadores, si se divide la tensión en alta entre la tensión en baja, resulta una cantidad m que se llama relación de transformación (ver párrafo 7). Dividiendo el número de espiras N_1 del primario entre el número de espiras del secundario N_2 también se obtiene el mismo valor m.

$$m = \frac{N_1}{N_2}$$

Se da el nombre de **relación de transformación de un autotransformador, al cociente de los números de espiras, total y secundario**

También es interesante saber que número de **voltios por espira** de un transformador o de un autotransformador:

$$Vesp. = \frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2}$$

Funcionamiento en carga

Un autotransformador monofásico funciona en carga, cuando se conecta entre las bornas secundarias **B** y **C** un circuito exterior (figura 28). Entonces **el circuito secundario es recorrido por la corriente de carga de valor I_2** y el autotransformador absorbe de la red primaria una corriente de mayor intensidad que la absorbida en vacío, ya que es preciso que los amperios-vueltas primarios se opongan a los creados por la, corriente secundaria a fin de que resulte constante el valor del flujo.

Al objeto de llegar a conocer el **sentido relativo de las distintas corrientes que existen en un autotransformador** que funciona en carga, es necesario establecer el instante en el cual la carga de un autotransformador tensión V_1 es de sentido tal que el potencial de **A** es mayor que el de **B**, lo que determina que la fuerza electromotriz generada en la bobina tenga el sentido opuesto, es decir, de **B** a **A**.

En cuanto al **sentido de la corriente primaria, en el instante considerado**, que **ha de ser el mismo que el de la tensión aplicada**, viene representado por la flecha I_1 Por su parte, **el sentido de la corriente secundaria** I_2 es **el mismo que el de la fuerza electromotriz**, por serlo también el de la tensión en bornas secundarias. Así pues, **su sentido queda representado por la flecha** I_2.

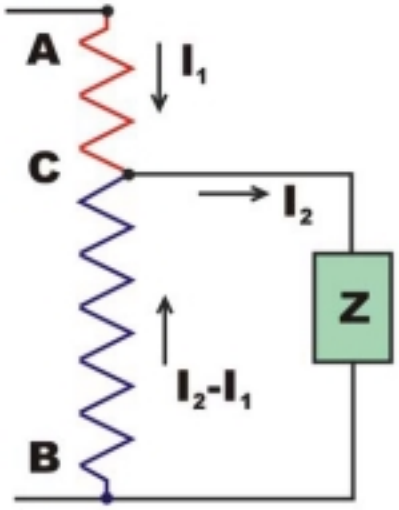


Figura 28 AUTOTRANSFORMADOR EN CARGA

La intensidad de corriente en la parte común ha de ser igual a la diferencia de intensidades de corriente primaria y secundaria, resultado que pone de manifiesto la gran ventaja del autotransformador, consistente en que **la parte común del bobinado puede ser construida con un conductor de sección relativamente pequeña**, ya que por él circula una corriente de intensidad también pequeña.

El sentido de la corriente en la parte común **BC** viene señalado por la flecha I_2-I_1, lo que se hace evidente **teniendo en cuenta que la corriente secundaria** I_2 **es mayor que la primaria** I_1. En efecto, en carga resultan muy aproximados los amperios-vueltas primarios y secundarios, es decir, que se verifica

$$N_1.I_1 = N_2.I_2$$

de donde se deduce que **las intensidades de corriente están en razón inversa que las tensiones** y que **la corriente** I_2 **es mayor que** I_1.

12. CONSTITUCIÓN GENERAL DE UN AUTOTRANSFORMADOR

La construcción de un autotransformador es similar a la de un transformador, pero entre ambas clases de máquinas existe una diferencia esencial derivada de que en **el transformador cada fase tiene dos bobinados independientes**, uno de alta tensión y otro de baja, mientras que en **el autotransformador cada fase dispone de un solo bobinado** con tres bornas de salida.

Aparentemente es difícil apreciar esta diferencia, ya que incluso cada fase del autotransformador está constituida por las dos bobinas independientes que se indican a continuación:

< ***Bobina común*** formada por un elevado número de espiras, ya que debe estar calculado para la tensión secundaria,

> **El conductor de la bobina común es de poca sección**, sólo la necesaria para permitir el paso de una corriente, cuya intensidad es igual a la diferencia entre las corrientes secundaria y primaria.

< ***Bobina serie*** formada por un **número de espiras N_1 pequeño**, ya que ha de estar prevista para una tensión diferente de las tensiones primaria y secundaria

> **La sección de conductor de la bobina serie ha de ser grande**, ya que queda recorrida por la corriente total absorbida por el autotransformador de la línea de alimentación.

Las dos bobinas, común y serie, van dispuestas concéntricamente en una misma columna, al igual que si fueran los dos bobinados de un transformador normal (figura 27). **Se acostumbra a colocar en el interior la bobina serie** y al exterior la bobina común, debido a que ésta es más propensa a averías. Las dos bobinas quedan conectadas directamente mediante un puente de conexión **C** que une los dos extremos inferiores de las bobinas. Del conjunto se sacan tres salida, dos de ellas **A** y **B** en los extremos libres de las bobinas y la tercera **C** del puente de conexión.

Obsérvese que **para conseguir el adecuado sentido de las corrientes en las bobinas, es preciso que ambas sean construidas en sentido inverso**, es decir, que **una** es ejecutada **de plato a punto** y la **otra de punto a plato**.

Ventaja de los Autotransformadores

La gran ventaja que se consigue con el empleo de los autotransformadores, que consiste en que **su núcleo es más pequeño que el de un transformador de igual potencia.** Esta ventaja es tanto mayor cuanto más próximos son los valores de las tensiones primaria y secundaria.

Inconveniente del autotransformador

El mayor inconveniente del autotransformador consiste **en el hecho de que ambos circuitos, primario y secundario, tienen un punto común (el puente de conexión)**, lo que entraña la posibilidad de que, por error o avería en la línea de alta tensión, el valor de ésta se comunique a la línea de baja tensión, con los peligros subsiguientes, si los aislamientos de la red de baja no están previstos para la alta tensión.

Autotransformador trifásico

En un autotransformador trifásico cada fase está constituida por un bobinado ejecutado como el que se ha expuesto para el autotransformador monofásico.

Las tres fases de un autotransformador trifásico son unidas en estrella, para lo cual se unen los extremos libres de las bobinas comunes (figura 29). Las bornas de alta tensión, son los extremos libres de las bobinas serie, mientras que las bornas de baja tensión salen de los puentes de conexión de las bobinas serie y común. En un autotransformador trifásico se puede disponer de conductor neutro si fuera necesario.

La teoría y reglas expuestas para los autotransformadores monofásicos son aplicables a los trifásicos sin más que **tener en cuenta que en éstos la tensión por fase es / 3 veces más pequeña que la tensión de línea**.

Empleo de los autotransformadores

El examen de las ventajas e inconvenientes de los autotransformadores permite deducir sus posibilidades prácticas de utilización Estas máquinas son adecuadas en los siguientes casos:

< En **transformaciones de energía eléctrica** cuando son aproximados los valores de, las tensiones primaria y secundaria. Tal sucede en interconexiones de dos redes de alta tensión, de **66.000** y **60.000** voltios por ejemplo.

Desde el punto de vista de esta clase de aplicaciones se puede afirmar que **las ventajas del autotransformador sobre el transformador quedan superadas por los inconvenientes cuando la alta tensión es de valor doble que la baja.**

< Para el **arranque de motores** síncronos y asíncronos **de mediana y gran potencia.** En un autotransformador de arranque se ejecutan dos o más derivaciones en las bobinas serie, las cuales permiten someter al motor a tensiones progresivamente crecientes al objeto de conseguir el arranque del motor en las condiciones deseadas.

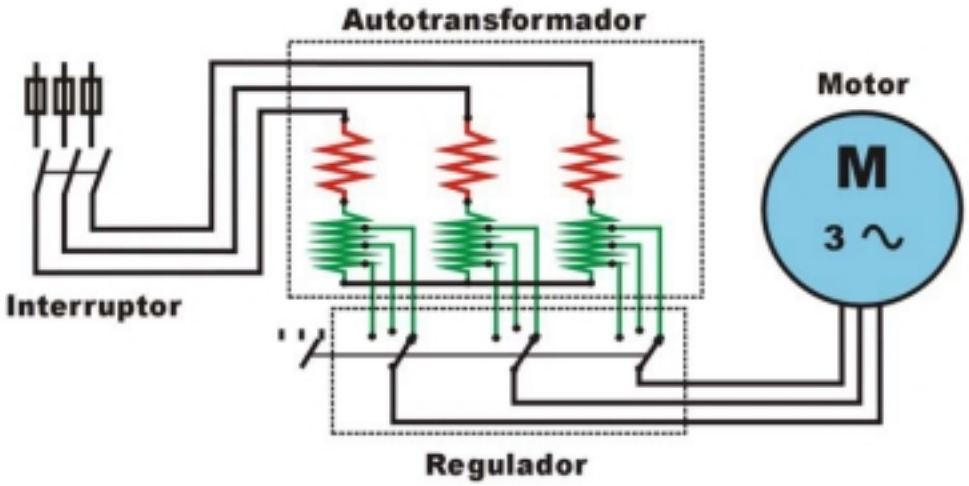


Figura 29 AUTOTRANSFORMADOR CON VARIAS SALIDAS PARA ARRANQUE DE MOTORES

13. TESTEO Y VERIFICACIÓN DE TRANSFORMADORES

Parámetros intrínsecos

Las características básicas de un transformador son el **voltaje del primario**, el **voltaje del secundario**, el **número de espiras del primario**, el **número de espiras del secundario** y **la relación que existe entre ellos**:

Se puede **determinar el valor de la relación de transformación**, siempre y cuando no exista caída de tensión por carga en el secundario, es decir, **cuando el transformado funcione en vacío.**

Haciendo el montaje de la figura 30 y aplicando al primario una tensión, que sea **como máximo la tensión de servicio**, se obtiene la tensión del secundario, y se puede hallar la relación que existe entre un voltaje y otro.

Los fabricantes procuran buscar **un número exacto**, o con un decimal como máximo, para esta **relación de transformación**.

En caso de que se aplique un voltaje menor del voltaje de funcionamiento, la salida del secundario también será menor paro la relación siempre será la misma, incluso si se aplica u voltaje mayor del tolerado, la relación será la misma, el peligro de aplicar una tensión mayor está en que se perforen los aislamientos y el transformado se queme. En otras palabras, **un transformador tolera perfectamente un voltaje menor siempre sin problemas, pero nunca o casi nunca un voltaje mejor**.

Para averiguar el número de vueltas (espiras) que tiene el primario y el secundario, no hay otro sistema que contar las vueltas, del primario o del secundario, es lo mismo. Para contar las vueltas el único sistema es desmontar el transformador, quietar las chapas, las protecciones aislantes, desoldar conexiones y sólo entonces se podrá contar.

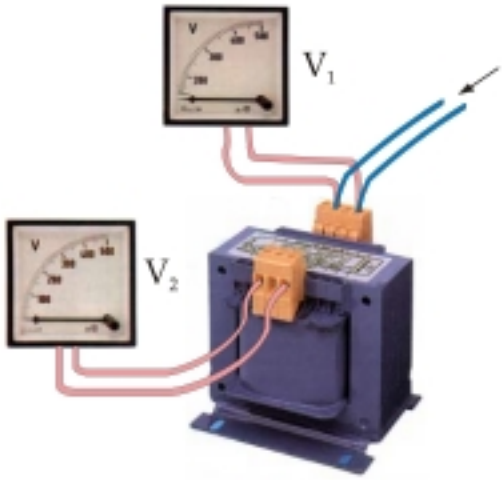


Figura 30 ENSAYO EN VACÍO PARA DETERMINAR LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

14. BORNES CORRESPONDIENTES DE UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

En un transformador monofásico, son bornes correspondientes aquellos que en todo instante tienen simultáneamente el potencial más alto o el más bajo. En la figura 31 está representado esquemáticamente un transformador monofásico en el instante en el cual el potencial de la borne ***U*** es mayor que el de **X**.

En ese mismo instante, en el bobinado secundario se genera una fuerza electromotriz E_2 cuyo sentido se supone es el que se indica en la figura. Entonces son bornes correspondientes **U** y **u**, así como **X** y **x**.

Un factor determinante entre bornes correspondientes, es el **sentido en que se ha enrollado las bobinas del transformador**. (Ver párrafo 4)

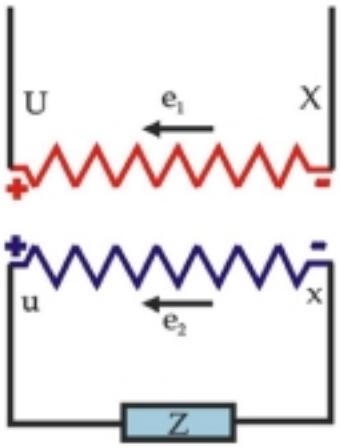


Figura 31 BORNES CORRESPONDIENTES DE UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

El problema surge, cuando se recurre al acoplamiento en paralelo. En instalaciones nuevas se proyecta con transformadores exactamente iguales, pero en instalaciones con años en uso, se recurre a transformadores de distintos fabricantes y **antes de proceder a su acoplamiento son necesarias pruebas básicas para determinar si sus bornes son correspondientes,** que están correctamente señalados y que van a ser conectadas a un mismo conductor; tanto de la linea de alta, como de la de baja.

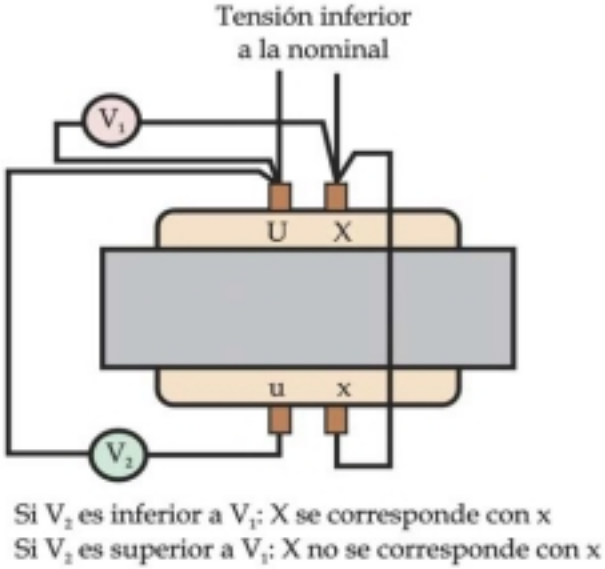


Figura 32 ENSAYO PARA DETERMINAR BORNES CORRESPONDIENTES

Un ensayo sumamente sencillo permite determinar con plena seguridad las bornes correspondientes de un transformador monofásico. Para efectuar este ensayo se unen previamente dos bornes que se supone son correspondientes bornes (en la figura 32 se han unido las bornes **X** y **x**).

Luego se alimenta el bobinado de **AT** con una tensión inferior a la nominal, tensión que es medida por el voltímetro V_1. Por otra parte, se mide con el voltímetro V_2 la tensión existente entre las bornes libres (en la figura 32 la tensión entre las bornes ***U*** y **u**). Si el valor de esta tensión V_2 **resulta inferior a** V_1 se puede tener la seguridad que las bornes directamente unidas **son correspondientes**. En cambio, si el valor de la tensión V_2 es mayor que V_1 es señal de lo contrario.

El **fundamento de este ensayo** queda explicado en la figura 33. Se comprueba que si las bornes directamente unidos son los correspondientes, la tensión instantánea V_2 es menor que la tensión V_1 en un valor igual a la fuerza electromotriz e_2 generada en el bobinado de baja tensión.

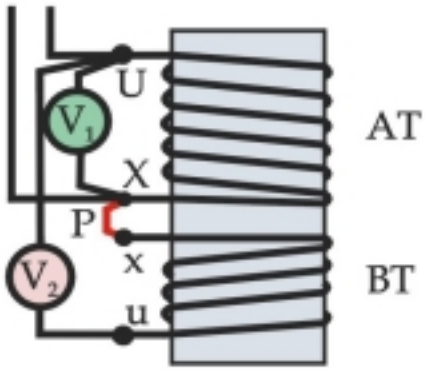


Figura 33 FUNDAMENTO DEL ENSAYO DE CORRESPONDENCIA DE BORNES

15. ACOPLAMIENTO EN PARALELO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

Las condiciones que deben cumplir dos o más transformadores monofásicos para ser acoplados en paralelo son:

- Que sean **iguales las relaciones de transformación**, a fin de que sean iguales los voltajes de salida.
- Que los valores de **las tensiones de cortocircuito sean lo más iguale posible**, a fin de que las caídas de tensiones sea la misma en todos los transformadores.
- Que **estén conectadas a un mismo conductor los bornes correspondientes** de cada transformador (figura 34).

16. COMPROBACIÓN EXPERIMENTAL ANTES DE LA PUESTA EN SERVICIO

Antes de poner en servicio dos o más transformadores monofásicos conectados en paralelo, conviene efectuar el ensayo siguiente:

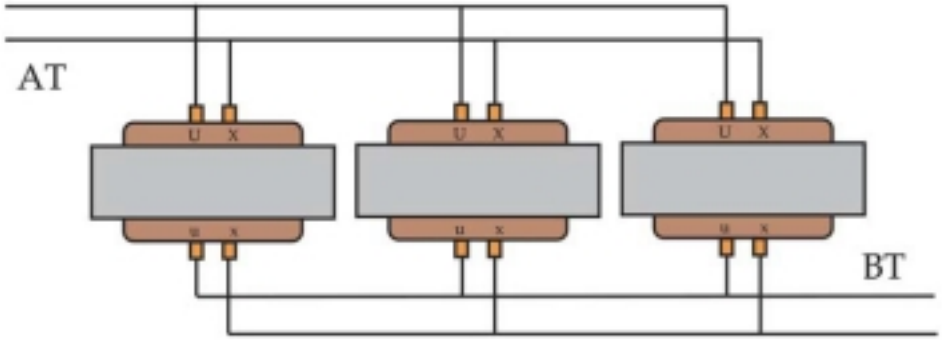


Figura 34 ACOPLAMIENTO EN PARALELO DE TRES TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

- Se preparan los transformadores como en la figura 35.
- Mientras el transformador T_1 está conectado a red de alta por un lado y la baja por otro
- El transformador T_2 está conectado a la alta por el primario mientras que el secundario lleva dispuesto un voltímetro (figura 35)
- Al cerrar el interruptor **M**, el voltímetro debe señalar **0 voltios**, en caso contrario la conexión no es correcta.

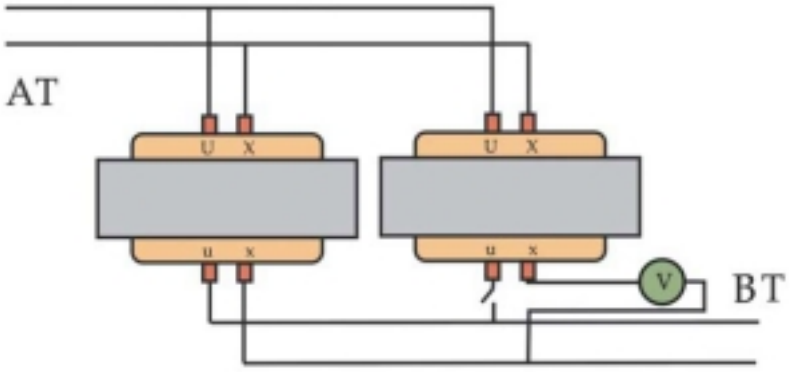


Figura 35 ENSAYO PREVIO PARA ACOPLAMIENTO DE TRANSFORMADORES EN PARALELO

17. ENSAYO PARA DETERMINAR LA POSIBILIDAD DE ACOPLAMIENTO EN PARALELO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

Antes de acoplar, en paralelo, dos **transformadores trifásicos**, convine efectuar el llamado **ensayo de polaridad**. Este ensayo permite tener la seguridad de cuáles son las bornes que deben de conectarse aun mismo conductor, tanto por el lado primario como secundario. Este ensayo es fácil de ejecutar, aunque exige un número considerable de medidas de tensión.

Suponiendo que se dispone de dos transformadores T_1 y T_2 que se desea conectar en paralelo (figura 36).

Primero: Comprobar la posibilidad la posibilidad del acoplamiento

- Se conecta **completamente el primer transformador**
- Se conecta **solamente el primario del segundo transformador**
- Se une **una de las bornes del secundario** del T_2 con el borne que se supone le corresponde
- **La condición para que puedan conectarse en paralelo** es que las otros dos bornes esté al mismo potencial que el conductor a que van a unirse, es decir, **que los voltímetros marquen cero voltios**.

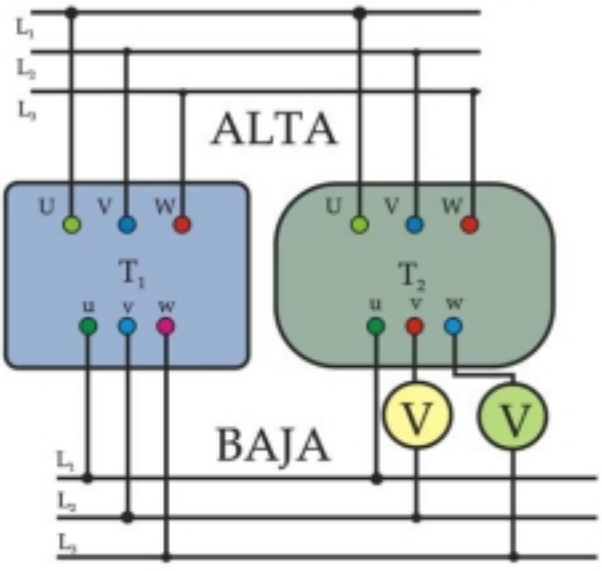


Figura 36 ENSAYO DE POLARIDAD

Segundo: En el supuesto de que los voltímetros marquen tensión se efectuará un segundo ensayo.

- Se **conmuta la borne u con la segunda fase L_2** y se vuelve a efectuar las mismas medidas, si una de las medidas da valor cero, es evidente que se ha localizado una de las fases, la otra en cambio si marca es que tampoco está localizada la unión.
- Vuelta a **cambiar la borne u esta vez con L_3** y repetición de las medidas.
- Si ninguna de las tres mediciones da valores nulos, se procede a **cambiar las conexiones en el primario** y **se vuelve a repetir el proceso, con la primera, segunda y tercera fase**.
- Las tres fases del primario se pueden conectar de **tres formas distintas** (figura 37) y el número de ensayos se puede repetir tantas veces como se cambien las conexiones primarias y secundarias

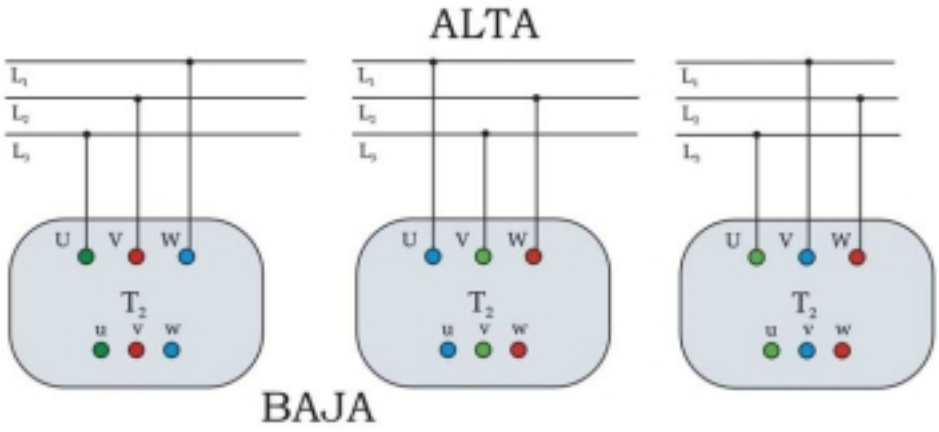


Figura 37 INTERCAMBIO DE LAS BORNES DEL PRIMARIO DEL SEGUNDO TRANSFORMADOR

- Finalmente **si ninguna de las conexiones da valores nulos** en las dos fases, se puede afirmar que estos transformadores no pertenecen al mismo grupo de conexiones, y **no pueden conectarse en paralelo**.
- En el peor de los casos, **hace falta efectuar 48 medidas antes de afirma si pueden o no pueden conectarse en paralelo**. Si las mediciones se hace con dos voltímetros al mismo tiempo, los ensayos se reducen a 24 mediciones.

18. ENSAYOS EN VACÍO

Un transformador **funciona en vacío** cuando presenta abierto el circuito secundario de utilización, es decir, **cuando es nula la intensidad de corriente en el bobinado secundario.**

En tales condiciones, el bobinado primario es recorrido por una **corriente alterna de pequeña intensidad *io*, sólo la necesaria para mantener el flujo en el circuito magnético**. Esta intensidad recibe el nombre de ***corriente de vacío***.

Siendo alterna senoidal la corriente de vacío, también lo será la fuerza magnetomotriz del bobinado primario.

$$\varepsilon_0 = 1{,}25\ N_1\ io$$

Y, asimismo, será alterno senoidal el flujo establecido en el circuito magnético, de acuerdo con la fórmula.

$$\phi = \frac{1{,}25 N_1 i_0}{R}$$

en la cual **R** es la reluctancia del circuito magnético. En la figura 38 aparece la representación senoidal del flujo **Φ**, el cual, prácticamente, está en fase con la corriente de vacío $\mathbf{I_0}$.

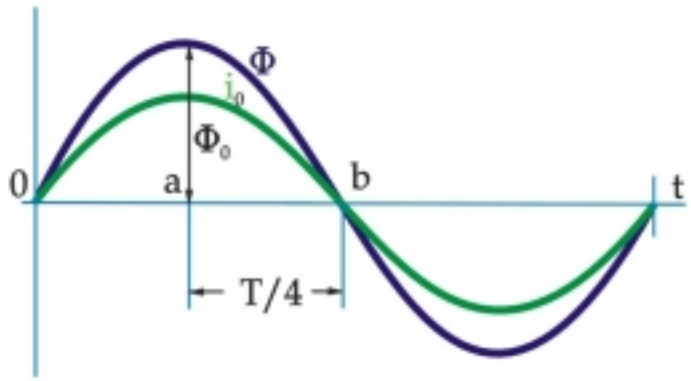


Figura 38 CURVA DE VARIACIÓN DE FLUJO EN EL NÚCLEO DEL TRANSFORMADOR

Relación de transformación

Aunque en algún caso **pueden ser iguales los números de espiras de los bobinados primario y secundario**, en la práctica es muy raro que suceda tal cosa. En realidad, pueden presentarse dos casos distintos:

a) El bobinado primario dispone de un número de espiras mayor que el secundario. Entonces se trata de un transformador ***reductor***.

b) El bobinado primario tiene menos espiras que el secundario. En tal caso se trata de un transformador ***elevador***.

Recibe el nombre de *relación de transformación* de un transformador el valor del cociente que resulta de dividir los números de espiras de los bobinados primario y secundario. Designando respectivamente por N_1 y N_2, a estos números de espiras, la relación de transformación es igual a

$$m = \frac{N_1}{N_2}$$

Según esta definición, en un transformador reductor el valor de la relación de transformación es mayor que la unidad, mientras que en un transformador elevador resulta menor que la unidad.

Ejemplo de cálculo

Un transformador monofásico tiene **3.240 espiras** en el bobinado primario y **360 espiras** en el secundario. ¿**Cuánto vale la relación de transformación**?

Como se ve, se trata de un transformador reductor cuya relación de transformación vale

$$m = \frac{N_1}{N_2} = \frac{3.240}{360} = 9$$

Fuerzas electromotrices primaria y secundaria

El flujo variable establecido en el circuito magnético del transformador **da origen a una fuerza electromotriz inducida en cada uno de los bobinados primario y secundario**.

El **valor de la fuerza electromotriz estática**, generada en una bobina, es igual a

$$E_1 = \frac{4{,}44\phi f N_1}{10^8}$$

fórmula que dice: «**El valor de la fuerza electromotriz inducida en el bobinado primario** de un transformador es igual a **4,44 veces el producto de los valores del flujo máximo, en maxvelios, por la frecuencia, en hercios, y por el número de espiras de ese bobinado, dividiendo el resultado obtenido por cien millones**».

La fórmula anterior es similar a la de un alternador, pero entre ellas existe una importante diferencia, derivada de que el flujo que recorre el circuito magnético de un alternador es *constante,* mientras que en un transformador el flujo es variable y en la fórmula debe emplearse el *valor máximo del flujo*.

El **valor de la fuerza electromotriz generada en el bobinado secundario**.

$$E_2 = \frac{4{,}44\phi_0 f N_2}{10^8}$$

Relación de tensiones en vacío

Las ecuaciones E_1 y E_2 da los valores de las fuerzas electromotrices generadas en los bobinados primario y secundario de un transformador funcionando en vacío. Con ellas se obtiene una nueva expresión de la relación de transformación. En efecto, puesto que en ambas ecuaciones aparece el mismo valor del flujo máximo Φ_0 y de la frecuencia f; la relación de fuerzas electromotrices valdrá

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = m$$

expresión que dice: «**La relación de transformación de un transformador, es decir, la relación de los números de espiras de los bobinados primario y secundario coincide con la relación de los valores de las respectivas fuerzas electromotrices**».

Por otra parte, siendo en vacío nulo el valor de la corriente secundaria, no hay caída de tensión en este bobinado, por lo que la tensión en sus bornas ***Vo2*** coincide con el valor de la fuerza electromotriz ***E2***. En cuanto al bobinado primario se sabe que es de muy pequeño valor la corriente de vacío, por lo que se puede admitir, sin error apreciable, que también resulta nula la calda de tensión primaria y que prácticamente son iguales los valores de la tensión en bornas primarias ***V1*** y la fuerza electromotriz **E1**. Así, pues, la expresión puede ser transformada en la siguiente:

$$\frac{V_1}{V_{02}} = \frac{N_1}{N_2} = m$$

19. ENSAYOS EN CARGA

Fuerzas magnetomotrices primaria y secundaria

Un transformador funciona *con carga* cuando a las bornas del bobinado secundario **se encuentra conectado un circuito exterior de impedancia *Z*** (figura 39), de forma que dicho bobinado es recorrido por una corriente alterna senoidal de valor instantáneo i_2 que da lugar a una fuerza magnetomotriz de valor instantáneo $\varepsilon_2 = 1{,}25\ N_2\ i_2$

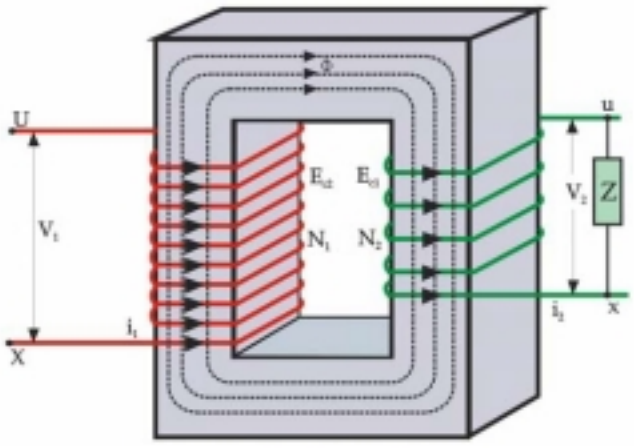


Figura 39 FUNCIONAMIENTO EN CARGA

Las consecuencias a que da lugar esta fuerza magnetomotriz secundaria son, en principio, que estando el transformador funcionando en carga se mantuviera en el bobinado primario el valor de la corriente de vacío.

Es evidente que, de acuerdo con la ley de la causa y el efecto, la corriente secundaria

ha de tender a reducir el flujo magnético y, con él, los valores de las fuerzas electromotrices primaria y secundaria. Ahora bien, al disminuir el valor de la fuerza electromotriz primaria, el bobinado primario deberá absorber una corriente de mayor intensidad que la corriente de vacío. Este simple razonamiento permite afirmar que ***al ser recorrido el bobinado secundario por la corriente de carga debe aumentar simultáneamente el valor de la corriente primaria.***

A consecuencia del aumento simultáneo de las corrientes primaria y secundaria se mantiene aproximadamente constante el valor de la fuerza magnetomotriz total, de forma que, **tanto el flujo magnético como las fuerzas electromotrices, varían muy poco de vacío a carga**.

Puesto en forma de proporción:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{m}$$

expresión que dice: «Cuando el **transformador funciona a plena carga**, los valores de **las intensidades primaria y secundaria están en razón inversa de los números de espiras de sus respectivos bobinados**, es decir, que **su cociente es igual al valor inverso de la relación de transformación**».

Relación de tensiones en carga

Cuando el transformador funciona en carga, la corriente primaria **origina dos caídas de tensión diferentes, una óhmica y otra reactiva**, lo que determina que la fuerza electromotriz generada en el bobinado primario Ec_1 sea algo más pequeña que cuando funcionaba en vacío, E_1. Esto exige que el flujo común en carga Φc sea, asimismo, menor que el de vacío Φ_0 y, por consiguiente, también la fuerza electromotriz secundaria en carga E_{c2} será más pequeña que en vacío E_2.

Al igual que en vacío, también en carga están los valores de las fuerzas electromotrices primaria y secundaria de un transformador en la misma relación que sus números de espiras. En cambio, no ocurre lo mismo con las tensiones en bornas primarias y secundarias. En efecto, **con el transformador bajo carga**, la tensión en bornas primarias V_1 **es mayor que la fuerza contraelectromotriz generada en el bobinado primario** $V > E_{c1}$, mientras que **la tensión en bornas secundarias** Vb_2 **es más pequeña que la fuerza electromotriz generada en el bobinado secundario** $Vb2 < Ec2$.

Por consiguiente, **la relación entre las tensiones en bornas primarias y secundarias es mayor que la relación de los números de espiras de los respectivos bobinados.**

Reactancias de dispersión

Hasta ahora se ha supuesto que **el flujo total de líneas de fuerza pasa por el interior de ambos bobinados, de forma que las fuerzas electromotrices generadas en ellos son originadas por el mismo flujo común creado por los amperios vueltas primarios y secundarios.**

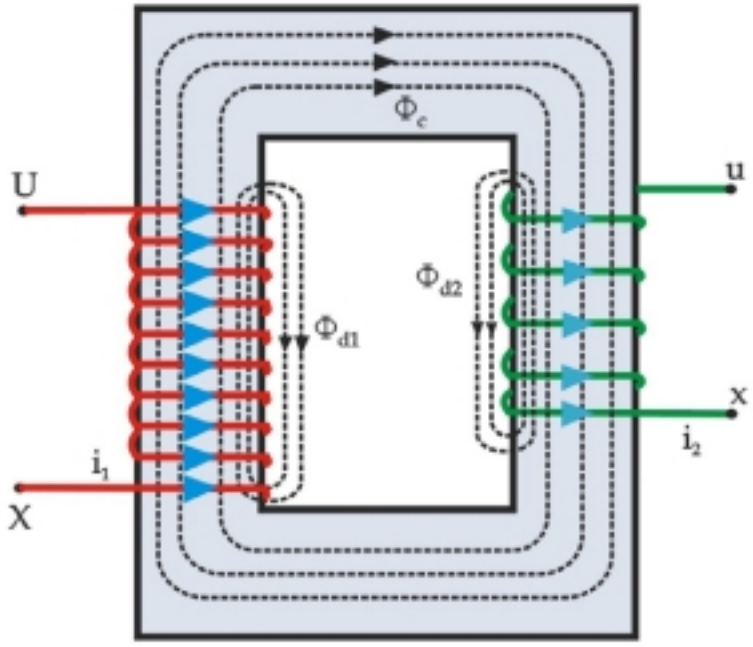


Figura 40 FLUJOS DE DISPERSIÓN DE UN TRANSFORMADOR

Ahora bien, **cuando el transformador funciona en carga aparecen dispersiones del flujo en ambos circuitos eléctricos (figura 40). Estos flujos de dispersión dan lugar en los respectivos bobinados a fuerzas electromotrices de autoinducción.**

Caída de tensión

Es la diferencia de los valores que toma la tensión en bornas secundarias en vacío E.2 y en carga Vb_2, con la condición de que se mantenga constante la tensión en bornas primarias V_1. Recordando que en vacío la tensión en bornas secundarias vale

$$E_2 = \frac{V_1}{m}$$

resulta que, en definitiva, el valor de la caída de tensión viene dada por la fórmula

$$V_c = \frac{V_1}{m} - V_{b2}$$

La caída de tensión depende de la intensidad de la corriente de carga. Su determinación puede ser efectuada mediante un procedimiento **gráfico vectorial, conocido como *método de Kapp*.**

20. DIAGRAMA VECTORIAL DE KAPP

El diagrama de Kapp representa vectorialmente la suma geométrica de valores eficaces correspondiente a la suma aritmética de valores instantáneos de la ecuación

$$\frac{v_1}{m} = v_{b2} + R_t i_2 + X_t i_2$$

Para obtener el diagrama de Kapp (figura 43) se adopta el eje horizontal como dirección de fase de la corriente secundaria. Entonces, a partir del punto O se toma sobre el segmento **OA** el valor eficaz de la caída de tensión óhmica total $R_t\ I_2$. (Este segmento **OA** se encuentra sobre el eje horizontal por representar una tensión óhmica en fase con la corriente).

Después, sobre el segmento **AB**, perpendicular a **OA**, se toma el valor eficaz de la caída de tensión reactiva total $X_t\ I_2$, la cual, como ya se sabe, tiene que estar adelantada un ángulo de 90º respecto de la corriente.

El triángulo **OAB** que se forma recibe el nombre de ***triangulo fundamental de Kapp***.

Continuando con la construcción del diagrama se toma sobre el segmento **BC**, que forma el ángulo φ_2, con la dirección del eje horizontal (o con su paralela **BM**), el valor eficaz de la tensión en bornas del bobinado secundario. ***Vb2***, la cual, debido a las características del circuito exterior de utilización (que se supone inductivo en este caso), está adelantada un ángulo φ_2 respecto de la corriente secundaria de carga.

El segmento **OC**, que cierra el polígono de vectores **OABC**, es la suma geométrica de los valores eficaces de la tensión en bornas secundarias y las caídas de tensión activa y reactiva totales, lo que indica que el segmento **OC** representa el valor eficaz de la fuerza electromotriz ***V1/m*** generada en el bobinado secundario cuando el transformador funciona en vacío.

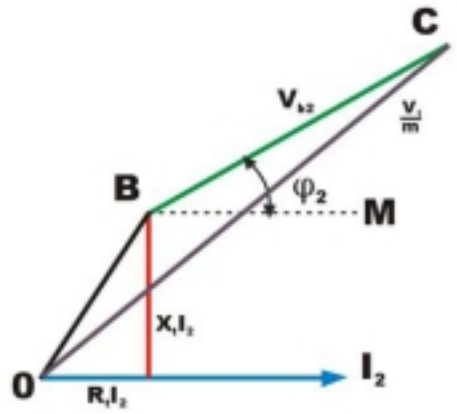


Figura 41 DIAGRAMA VECTORIAL DE KAPP

Construido el diagrama vectorial de Kapp, **el valor eficaz de la caída de tensión interior total del transformador queda determinado por la diferencia de los segmentos OC y BC**.

$$V_c = \frac{V_1}{m} - V_{b2} = \overline{OC} - \overline{BC}$$

El valor de la caída de tensión en un transformador depende de las características del circuito exterior, o sea **de la intensidad de la corriente de carga** y **del factor de potencia.**

Determinación del triángulo fundamental

La construcción del diagrama de Kapp exige el trazado previo del triángulo fundamental correspondiente al valor de la corriente de carga. Para ello **es necesario conocer el valor de dos de los lados de dicho triángulo.**

La determinación del valor de la resistencia total referida al secundario R_t no ofrece ninguna dificultad. En efecto, después de medidas las resistencias de los bobinados primario y secundario se obtiene la resistencia total aplicando la fórmula:

$$R_t = R_2 + \frac{R_1}{m^2}$$

En cambio, la deducción directa, sea por cálculo sea por ensayos, del valor de la reactancia total referida al secundario es difícil e imprecisa, por lo cual no se hace uso de ella para trazar el triángulo fundamental. **Lo que se hace es calcular la hipotenusa OB de dicho triángulo, recurriendo al método de Kapp.**

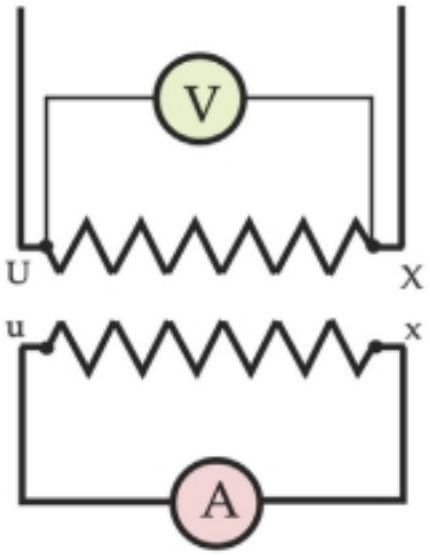


Figura 42 ENSAYO DE UN TRANSFORMADOR EN CORTOCIRCUITO

Este método se basa en el razonamiento siguiente: **Si el bobinado secundario de un transformador está conectado en cortocircuito** (figura 44) **y se desea que dicho bobinado sea recorrido por una corriente de intensidad igual a la nominal, resulta necesario aplicar al bobinado primario una tensión de pequeño valor que recibe el nombre de tensión de cortocircuito**. Designada por V_{cc}.

Es evidente que estando en cortocircuito resulta nulo el valor de la tensión secundaria. Entonces la fórmula anterior, queda transformada en la siguiente:

$$\frac{V_{cc}}{m} = R_t i_2 + X_t i_2$$

expresión que hace ver cómo **en cortocircuito la tensión total aplicada al primario sirve tan sólo para cubrir las caídas de tensión óhmica e inductiva**.

En la figura 43 se expone la manera de trazar el diagrama vectorial de tensiones eficaces correspondiente al funcionamiento del transformador en cortocircuito.

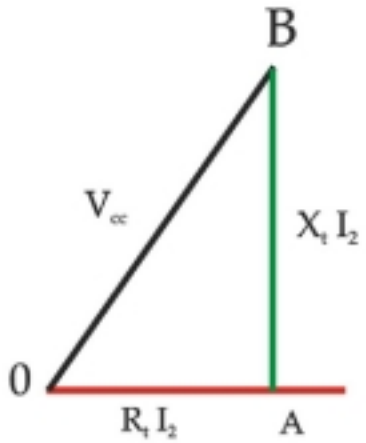


Figura 43 TRIÁNGULO FUNDAMENTAL DE KAPP

Se toma primeramente, sobre el segmento **OA**, **el valor de la caída de tensión óhmica**. Luego, en el punto **A** se traza una perpendicular sobre la que tiene que estar el tercer vértice del triángulo fundamental.

Por otra parte, se traza un arco de circunferencia de radio igual al valor de la tensión en cortocircuito, arco que corta en el punto **B** a la perpendicular anterior, lo que indica que el triángulo **OAB** es el triángulo fundamental que se busca y el cateto **AB** representa la caída de tensión reactiva.

Corriente de cortocircuito

Si por error o accidente fortuito queda establecido un cortocircuito entre las bornas del bobinado secundario, las intensidades de corriente primaria y secundaria tomarán valores extraordinariamente elevados, lo que puede dar lugar a desastrosas consecuencias, tanto a causa del calor producido por efecto Joule como por los grandes esfuerzos mecánicos que se desarrollan entre las, espiras de ambos bobinados. Ello

es debido a que cuando el transformador queda en cortocircuito resulta nula la impedancia del circuito exterior y entonces la fórmula se transforma en la siguiente:

$$\frac{v_1}{m} = R_t i_{cc} + X_t i_{cc}$$

En la figura 44 aparece representado el diagrama vectorial de tensiones eficaces en cortocircuito correspondiente a esta ecuación.

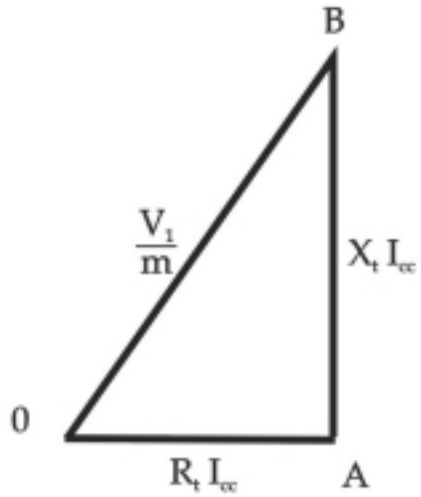


Figura 44 DIAGRAMA VECTORIAL DE TRANSFORMADOR EN CORTOCIRCUITO

Sobre este diagrama se deduce

$$\frac{V_1}{m} = I_{cc}\sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Despejando en esta expresión la intensidad de la corriente de cortocircuito resulta la siguiente:

$$I_{cc} = \frac{V_1 / m}{\sqrt{R_t^2 + X_t^2}}$$

Es posible reducir la corriente de cortocircuito de un transformador aumentando el valor de la reactancia interior. Sin embargo, este aumento determina que la tensión de cortocircuito sea también elevada, lo cual es un inconveniente en el funcionamiento normal del transformador.

21. DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN DE TENSIÓN

En ocasiones podría ocurrir que la tensión secundaria tomará valores excesivamente bajos, sea porque exista en él una importante caída de tensión, sea por ser ya baja la tensión primaria de alimentación. En tal caso es necesario elevarla, para lo cual se dispone un dispositivo que permita variar la relación de transformación del transformador.

Para regular la tensión secundaria de un transformador, se disponen **en el bobinado de alta tensión** (el que lleva conductor de menos sección) *derivaciones de regulación,* con las que se consigue tener un número de espiras mayor o menor que las que corresponden a la tensión nominal (figura 45). En la práctica, las derivaciones de regulación son ejecutadas en bobinas elementales **situadas a la mitad de la altura del núcleo y no en las extremas**, a fin de evitar asimetrías magnéticas que originan esfuerzos exagerados.

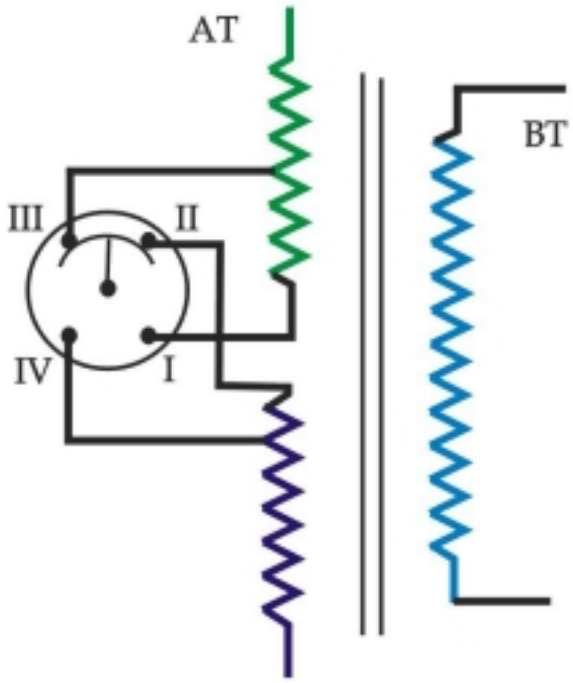


Figura 45 REGULADOR DE TENSIÓN PARA TRANSFORMADORES

En cambio, cuando el transformador es de gran potencia se adopta un ***regulador de carga,*** dispositivo complicado y de gran precisión, que permite la maniobra de cambio de toma aun con el transformador funcionando a plena carga.

22. RENDIMIENTO DEL TRANSFORMADOR

Pérdidas de potencia

En un transformador, al igual que en las restantes máquinas eléctricas, se presentan pérdidas de potencia. Ahora bien, por tratarse de una máquina estática, **no existen pérdidas de potencia de origen mecánico**. Así, pues, las pérdidas de potencia de un transformador **se reducen a las *del hierro* del circuito magnético** y **las del cobre de los bobinados**. Como a continuación se describe, ambas clases de pérdidas pueden ser determinadas de forma experimental mediante los ensayos de vacío y cortocircuito.

Pérdidas en el hierro

La potencia perdida en el hierro del circuito magnético de un transformador puede ser medida en el ensayo de vacío. Se efectúa este ensayo dejando abierto el bobinado de alta tensión, mientras se alimenta el de baja tensión a su tensión nominal. En el párrafo 12 ya se ha indicado como se haya.

La potencia perdida en el hierro resulta constante en todos los estados de funcionamiento del transformador. En efecto, el valor de la potencia perdida en el hierro depende, además del peso del núcleo, de la inducción y de la frecuencia. Como quiera que estos valores son constantes (siempre que lo sean la tensión y frecuencia de la red), se hace evidente que **el valor de la potencia perdida en el hierro de un transformador *permanece constante para cualquier régimen de funcionamiento,* de vació a carga, sin depender en absoluto de la intensidad de corriente de carga**.

Pérdidas en el cobre

La suma de las potencias perdidas en los bobinados primario y secundario de un transformador, funcionando bajo la carga nominal, puede ser medida en el ensayo de cortocircuito. Se efectúa este ensayo alimentando el bobinado primario bajo una tensión de valor tal, que estando cerrado en cortocircuito el bobinado secundario, sean recorridos ambos bobinados por corrientes de intensidades iguales a sus nominales respectivas (En el párrafo 19 se ha explicado como se hace).

La potencia absorbida por el transformador en el ensayo de cortocircuito representa la potencia perdida en sus bobinados, tanto por efecto Joule como las suplementarias debidas a la concentración de corriente.

Por otra parte, la potencia perdida en los bobinados *varia con el valor de la carga* a que está sometido el transformador. En efecto, el valor de esta potencia depende de la intensidad de corriente, tanto en el bobinado primario como en el secundario, la cual varía mucho desde el funcionamiento en vacío a plena carga. **La variación del valor de la potencia perdida en el cobre es proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente de carga.**

Curva de rendimiento

El **rendimiento de un transformador es variable** y **depende del valor de la potencia suministrada**. Se puede demostrar matemáticamente que **un transformador funciona a su máximo rendimiento cuando la intensidad de la corriente de carga es de valor tal que resultan iguales las pérdidas de potencia en el hierro y en el cobre**.

Normalmente es **muy raro que el valor máximo del rendimiento de un transformador corresponda a su régimen nominal**. En la práctica, los transformadores se calculan para que sea obtenido el rendimiento máximo en las condiciones de carga en que se supone va a trabajar durante más tiempo.

23. CHAPA DE CARACTERÍSTICAS DE LOSA TRANSFORMADORES

Nombre del fabricante			
Tipo (fabricante)	Número(fabricante)	Año construcción	VDE 0532
Potencia KVA 160	Clase LT	Frecuencia Hz 50	
Tensión 1 20.400		Grupo conexión Yz5	
Tensión 2 20.000	400	Um KV 24/1.1	
Tensión 3 19.600			
Intensidad A 4;62	231	Clase aislamiento	
Tensión de cortocircuito %4,1		Inten. Permanente de cortocircuito KA	
Clase de protección		Duración de cortocircuito máx	
Clase de refrigeración DNAN			
Peso total t 1,0	t 0,27		

Figura 46 PLACA DE CARACTERÍSTICAS PARA TRANSFORMADORES

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual
Electricidad industrial
Módulo 3
Máquinas eléctricas

Tema 6

Aparatos de medida y control: Tipología y utilización

Tema 6
Aparatos de medida y control.
Tipología y utilización

Índice

1. Tacómetro. Tipología y utilización 1
2. Propiedades de la corriente alterna 3
3. Resistencia pura 3
4. Inductancia pura 5
5. Desfase de la intensidad de corriente 6
6. Intensidad de corriente 7
7. Reactancia 7
8. Capacidad pura 8
9. Desfase producido por la capacidad en las intensidad de corriente 8
10. Intensidad de corriente en el condensador 9
11. Capacitancia 10
12. Comparación de los efectos producidos por una inductancia y una capacitancia 11
13. Circuitos reales de corriente alterna: Inductancia con resistencia 12
14. Triángulo de resistencias. Impedancia 15
15. Potencia 15
16. Triángulo de potencias 16
17. Circuito con resistencia, autoinducción y capacidad 17
18. Tarifas de energía reactiva 19
19. Determinación del factor de potencia 20
20. Mejora del factor de potencia 21
21. Cálculos teóricos de una batería de condensadores 21
22. Condensadores que se utilizan para mejorar el factor de potencia 23
23. Forma comercial de la baterías de condensadores para corregir el factor de potencia 25

Tema 6

Aparatos de medida y control.

Tipología y utilización

En el módulo 1 ya se habló de aparatos de medida y se trataron ampliamente en los capítulos 4 y 5 y se describieron los aparatos esenciales básicos que se usa en electricidad de forma estable, también se ha descrito otros que se utilizan de forma portátil para las verificaciones y localización de averías. Los aparatos que se describen en este capítulo son los que se usa para medir **características que controlan el consumo en función del factor de potencia** y las mecánicas de las máquinas eléctricas.

1. TACÓMETRO TIPOLOGÍA Y UTILIZACIÓN

El tacómetro mide velocidad de rotación, en vueltas por minuto (r.p.m.), cuando el **tacómetro mecánico** (figura 1) se aplica al centro del eje, mediante presión de la mano, en la punta de tacómetro se coloca una punta de goma que evita que haya deslizamiento entre las revoluciones del eje del motor y el eje del medidor. La aguja indica directamente las revoluciones por minuto, sin necesidad de hacer operaciones.

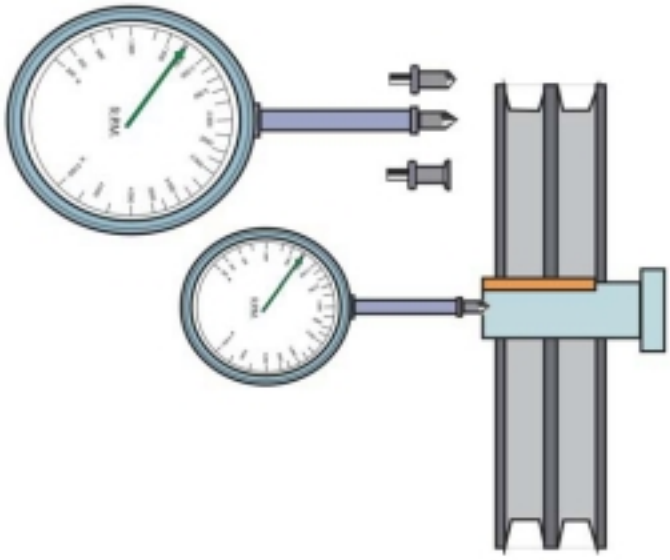


Figura 1 TACÓMETRO CON JUEGO DE PUNTAS DE RECAMBIO Y USO DEL MISMO

Los ejes de los motores tienen un punto en el centro del eje donde puede aplicarse la punta de tacómetro sin ninguna dificultad, de todas formas debe de hacerse esta operación con mucho cuidado, porque si no se presiona exactamente en el centro la fuerza centrífuga hace que se desplace al tacómetro a un lado, despidiéndolo con tanta violencia que al fallar el apoyo el cuerpo de la persona que hace la medición se abalanza sobre la polea pudiéndole ocasionar una lesión muy importante si sus ropas son atrapadas entre las correas y la polea.

Si no hay punto, el tacómetro dispone de cabeza con ventosa, que por las razones explicas más arriba se debe de aplicar con el doble de precaución que cuando hay donde aplicar, la dificultad aumenta con la velocidad a mayor velocidad más peligro.

Si la punta de goma no se aplica con la presión suficiente además de marcar menos velocidad, la punta de goma se gasta y se quema con tanta rapidez que la inutiliza en pocos segundos.

Con más seguridad para las personas se utilizan los **tacómetros eléctricos**, que utiliza una lámina de metal pegada en la pieza giratoria, frente a la cual se coloca un sensor que capta las veces que la lámina pasa ante el sensor midiendo la frecuencia del paso en revoluciones por minuto.

Figura 2 TACÓMETRO PARA BARCOS

En la figura 2 se muestra una aplicación de tacómetro para la velocidad en nudos con que avanza un barco según el número de revoluciones a que gira el eje de la hélice.

La forma de colocar el captador de un tacómetro eléctrico se representa en la figura 3 en que se aprecia que al eje se le ha añadido una pieza para que, por cada vuelta pasará, dos veces frente al sensor, por lo que el tacómetro marcará el doble de velocidad si no se hace un ajuste previo ante de ponerlo en funcionamiento.

El medidor de revoluciones de la figura 3, es una aplicación para el control de una cinta transportadora en el rodillo colocado al otro extremo de donde se coloca el motor. Donde puede haber una diferencia entre la velocidad del motor y la del rodillo.

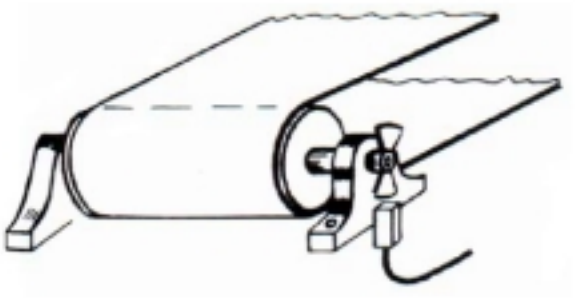


Figura 3 MEDIDOR DE R.P.M.

2. Propiedades de la corriente alterna

CLASES DE RECEPTORES

Al estudiar los circuitos de corriente continua, se consideraba, que los receptores, estaban formados solamente por resistencia óhmica; en cambio, **los circuitos de corriente alterna, contienen tres propiedades de distinta naturaleza física**, que son: **resistencia, inductancia y capacidad.**

Se llaman **receptores puros**, a ***los que sólo poseen una de estas tres propiedades*, excluyendo las otras dos.**

Realmente no existen receptores netamente puro, pues **toda bobina que tenga un conductor arrollado posee una resistencia óhmica y una inductancia**; también **dos conductores paralelos poseen una capacidad**; pero para el estudio, **es preciso imaginar que puede no existir las otras dos características del receptor.**

3. RESISTENCIA PURA

Se entiende por **resistencia pura** aquella que está totalmente desprovista de autoinducción y capacidad.

En la figura 4, aparece representada simbólicamente por línea quebrada **R**, en la cual, la corriente que recorre el circuito formado por la resistencia pura, es alterna senoidal, de igual frecuencia y de la misma fase que la tensión existente entre los hilos de la línea.

En efecto, cuando la tensión es de valor nulo, también se anula la intensidad de corriente, y cuando la tensión alcanza su valor máximo, también lo alcanza su valor máximo, también lo alcanza la intensidad de corriente.

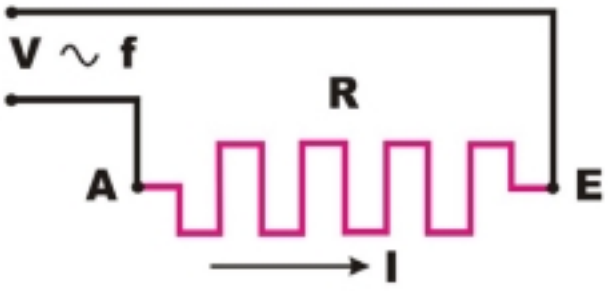


Figura 4 RESISTENCIA PURA

La representación gráfica de la intensidad de corriente viene dada por la solenoide **I,** de la figura 5, en la cual, la solenoide **V**, representa la tensión existente entre los dos hilos de la línea.

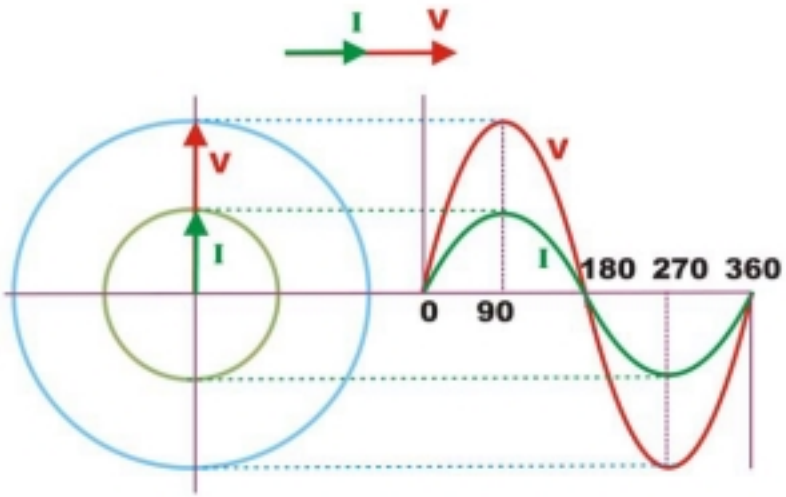


Figura 5 TENSIÓN E INTENSIDAD ESTÁN EN FASE CUANDO LA RESISTENCIA ES PURA

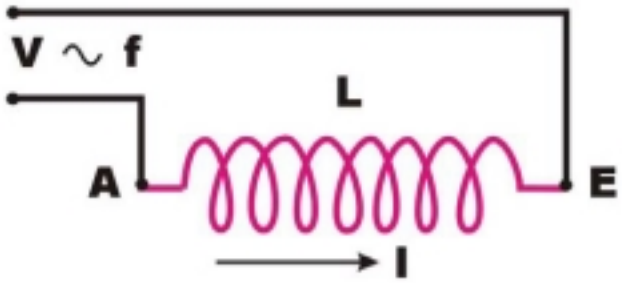
Puede comprobarse la coincidencia de los instantes en que se representan los valores nulos de la tensión e intensidad, así como la de los correspondientes a los valores máximos.

El valor eficaz de la intensidad de la corriente senoidal es igual al cociente que resulta de dividir el valor eficaz de la tensión **V** por el valor **R** de la resistencia del circuito; exactamente igual a lo que ocurría cuando el circuito era de corriente continua.

$$I = \frac{V}{R}$$

4. INDUCTANCIA PURA

Se llama **inductancia pura**, cuando la **bobina está totalmente desprovista de resistencia y capacidad.** Se representa simbólicamente por la línea ondulada de la figura 6.



Figuras 6 INDUCTANCIA PURA

La bobina de **inductancia pura**, posee un coeficiente de autoinducción de ***L*** henrios, entre cuyos bornes, se aplica una tensión alterna senoidal, a una frecuencia **f** determinada. Por el circuito así formado, circula una corriente alterna senoidal, cuya frecuencia es exactamente la misma que la de la tensión.

La corriente alterna, al recorrer las espiras de la bobina, producirá un flujo alterno senoidal, de valor continuamente variable. Este flujo variable **origina una *f.e.m. de autoinducción* cuyo voltaje depende del flujo**, y también será alterno senoidal.

Por hipótesis, se ha admite que la **bobina está desprovista de resistencia, no se producirá en ella ninguna caída de tensión óhmica**. Por consiguiente, en todo instante, debe ser iguales la tensión existente entre los hilos de la línea, y la f.e.m., debida al fenómeno de autoinducción en la bobina.

El valor de la f.e.m., generada en una bobina, cuando es recorrida por una corriente alterna senoidal, es igual a 2π veces, el producto de la frecuencia, por el coeficiente de autoinducción, y por la intensidad eficaz de la corriente.

$$E_x = 2 \pi f L I$$

5. DESFASE DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE

La f.e.m. de autoinducción, creada en un circuito, determina el **retraso de la *corriente respecto de la tensión* existente en los extremos del mismo**; debido a que esta autoinducción, se opone a las variaciones de la corriente, de tal forma que, cuando se cierra un circuito, ha de transcurrir un cierto tiempo antes de que se manifiesten los efectos físicos de magnetismos propio de toda bobina. De igual modo, **cuando se interrumpe el paso de la corriente, se mantiene estos efectos un tiempo después de anularse. Por esta causa, se afirma que la f.e.m. de autoinducción *retrasa la corriente respecto a la tensión.***

No es fácil establece un símil hidráulico de la autoinducción; sin embargo, se comprende mejor si se compara con los efectos mecánico de un volante. Al ponerlo en marcha es preciso consumir un trabajo inicial para vencer la inercia del volante. En cambio, **al cesar la fuerza, el volante sigue girando durante cierto tiempo debido a la energía acumulada en el volante**.

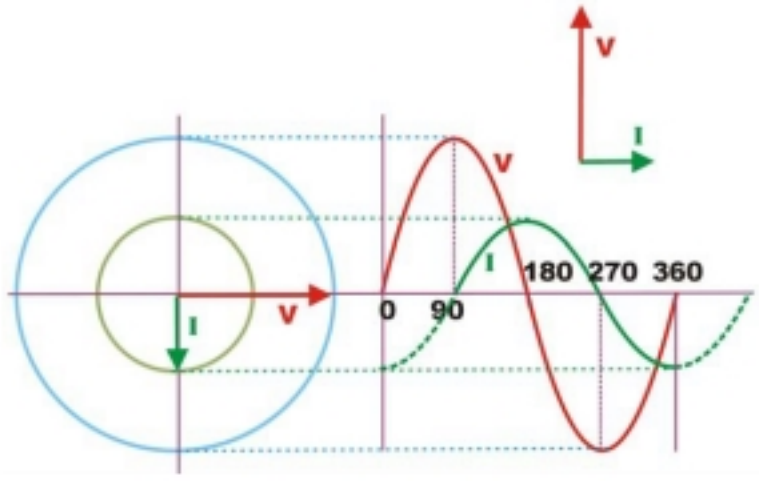


Figura 7 DESFASE ENTRE LA TENSIÓN **V** e **I** EN UNA INDUCTANCIA PURA

Entre la corriente que recorre un circuito, formado por una inductancia pura, y la tensión aplicada en sus extremos, existe un **desfase de 90º eléctricos**, estando retrasada la corriente.

En la figura 7 han sido representadas, las senoides de la tensión **V** de la línea, y de la intensidad **I**, que recorre el circuito, y en ángulo superior derecho, se representan los vectores de la tensión **V**, y de la intensidad **I**, formando un ángulo de 90º

6. INTENSIDAD DE CORRIENTE

Si en la fórmula, $\mathbf{E_x = 2\ \pi\ f\ L\ I}$, se despeja la intensidad de corriente, se obtiene:

$$I = \frac{E_X}{2\pi fL}$$

Cuando la inductancia pura, está sometida a una tensión, alterna senoidal de valor eficaz **V** voltios, la f.e.m. de autoinducción **Ex**, generada en la misma. Es igual al valor de la tensión **V**; por tanto, al ser $\mathbf{E_x = V}$ resulta.

$$I = \frac{E_x}{2\pi fL}$$

La intensidad de corriente, que recorre una inductancia, es directamente proporcional a la tensión aplicada a sus extremos, e inversamente proporcional a 2π, por el valor de la frecuencia, por la autoinducción de la bobina.

A mayor frecuencia menor intensidad de corriente; a frecuencias bajas, mayor cantidad de corriente.

7. REACTANCIA

En la fórmula, vista anteriormente, la cantidad **2 π f *L*** representa **el mismo papel que una resistencia**, y, por tanto, **se medirá en ohmios**. Esta cantidad recibe el nombre de **reactancia de autoinducción** y se representa por la letra **X**, es decir:

$$X = 2 \pi f L$$

Fórmula que dice: *La reactancia de autoinducción de una inductancia es igual a* **2π** *veces el producto del coeficiente de autoinducción, en henrios, por el valor de la frecuencia, en hertzios, de la corriente alterna que recorre la bobina.*

8. CAPACIDAD PURA

Se da el nombre de **capacidad pura** a *un condensador* totalmente desprovisto de resistencia.

El valor eficaz de la tensión existente en los bornes de un condensador se obtiene aplicando la fórmula:

$$V = \frac{I}{2\pi f C}$$

9. DESFASE PRODUCIDO POR LA CAPACIDAD EN LA INTENSIDAD DE CORRIENTE

Al estudiar el efecto de **una inductancia pura, sobre la corriente, se vio que se retrasaba la corriente 90º respecto a la tensión.** Por el contrario, **una capacidad pura, adelanta *la corriente 90º respecto a la tensión.***

En efecto; en todo instante, la f.e.m. del condensador debe ser igual y contraria a la tensión de alimentación. Así, cuando la f.e.m. tiene un valor máximo, la intensidad de corriente es nula.

Después, cuando la tensión de la red, va bajando, el condensador cede la corriente de carga. Esto indica que la corriente va adelantada respecto a la tensión.

En la figura 8, están representadas la senoide de la tensión **V,** existente entre los hilos de la línea, y la senoide de la intensidad de la corriente alterna **I**, que recorre el circuito.

Asimismo, en la parte superior de esta figura, aparecen representados los vectores de **V** e **I**, formando un ángulo de 90°, en la que la intensidad **I**, está adelantada con respecto a la tensión **V**.

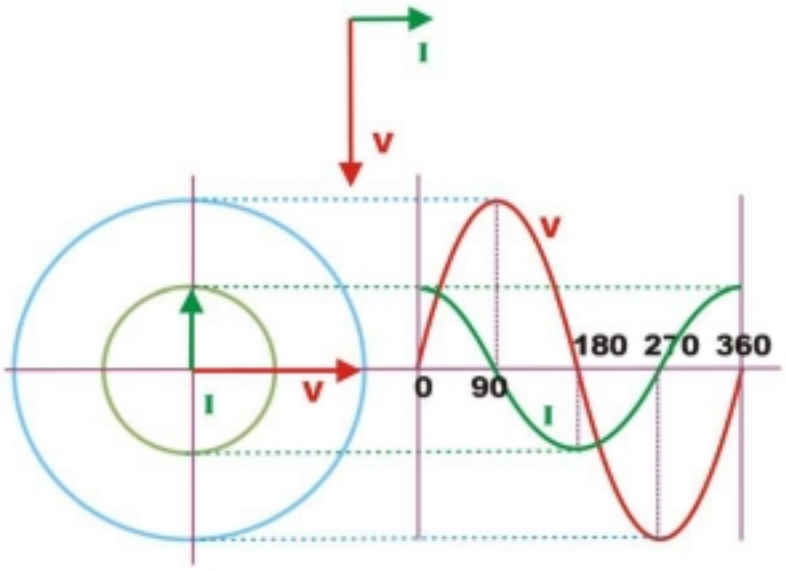


Figura 8 SENOIDE DE **V** e **I** EN EL CONDENSADOR

10. INTENSIDAD DE CORRIENTE EN EL CONDENSADOR

Si en la fórmula, anteriormente expuesta, se despeja el valor de la intensidad de la corriente, se tiene que:

$$I = 2\ \pi\ V\ f\ C$$

Fórmula que dice: *La intensidad de corriente, que recorre un circuito, formado por un condensador puro, es igual, al producto que resulta de multiplicar, el valor de la tensión, en voltios, por* **2π**, *por la frecuencia, en henrios, y la capacidad, en faradios.*

La frecuencia, es directamente proporcional a la intensidad de corriente, **a mayor frecuencia mayor cantidad de electricidad**, a bajas frecuencias, bajos valores de la corriente.

Comparando las fórmulas, de **la autoinducción**, y de **la capacitancia**, se observa que la **frecuencia de la corriente alterna, actúa exactamente al contrario**, en el caso, de la autoinducción de como lo hace en el circuito capacitativo.

11. CAPACITANCIA

En fórmula que se repite aquí

$$V = \frac{I}{2\pi fC}$$

la cantidad

$$\frac{1}{2\pi fC}$$

Representa el valor de lo que se opone al paso de la corriente, **ejerciendo igual papel que el de una resistencia, y en consecuencia; se puede designar en ohmios.** Esta cantidad recibe el nombre de ***reactancia de capacidad o*** **Capacitancia y se representa por la letra Y**, es decir:

$$Y = \frac{1}{2\pi fC}$$

Fórmula que dice: *La capacitancia de un condensador, recorrido por una corriente alterna senoidal, es igual, al valor inverso del producto que resulta de multiplicar, 2π por la frecuencia de la corriente, en hertzios, y por la capacidad del condensador, en faradios.*

A mayor capacidad del condensador, menor será la resistencia que se opone al paso de la corriente alterna; dicho de otro modo, **cuanto mayor sea la capacidad del condensador, menor es la capacitancia del circuito**; puesto que, es inversamente proporcional.

12. COMPARACIÓN DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR UNA INDUCTANCIA Y UNA CAPACITANCIA

1º Tanto la **inductancia**, como la **capacidad**, **producen una resistencia en ohmios al paso de la corriente alterna**. Ahora bien; ***cuando aumenta el coeficiente de autoinducción de la inductancia, también aumenta la reactancia***, mientras que ***cuando aumenta la capacidad del condensador, disminuye su capacitancia,*** según las fórmulas correspondiente.

$$X = 2\pi f L$$

$$Y = \frac{1}{2\pi f C}$$

2º La **inductancia**, lo mismo que la **capacitancia**, **determina un desfase de 90º entre la corriente que recorre el circuito, y la tensión** aplicada en sus extremos.

Este desfase vale 90º en ambos casos; pero, mientras que ***en la inductancia queda retrasada la corriente respecto a la tensión***, *en* ***el condensador queda adelantada la corriente en relación con la tensión***.

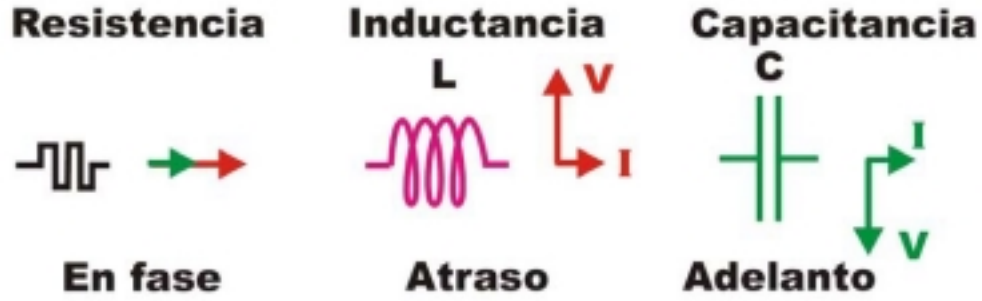


Figura 9 DESFASE EN LA INDUCTANCIA Y EN LA CAPACITANCIA

3º El valor de la reactancia, **tanto de autoinducción**, **como de capacidad**, **depende del valor de la frecuencia** de la corriente de alimentación; pero, mientras ***en la inductancia de una bobina, aumenta en proporción directa con la frecuencia***, la capacidad de *un condensador, por el contrario, varía en proporción inversa con la frecuencia*, como quedó demostrado en las fórmulas expuestas:

$$X = 2\pi f L$$

$$Y = \frac{1}{2\pi f C}$$

Resumiendo, se puede afirmar que, ***en corriente alterna, el condensador se manifiesta exactamente al contrario que como lo hace una inductancia.***

13. CIRCUITOS REALES DE CORRIENTE ALTERNA: INDUCTANCIA CON RESISTENCIA

En el supuesto del caso representado en la figura 10, en el que existe, conectado a la red de corriente alterna, un circuito formado por una bobina de resistencia **R**, en ohmios, con un coeficiente de auto inducción ***L***, en henrios.

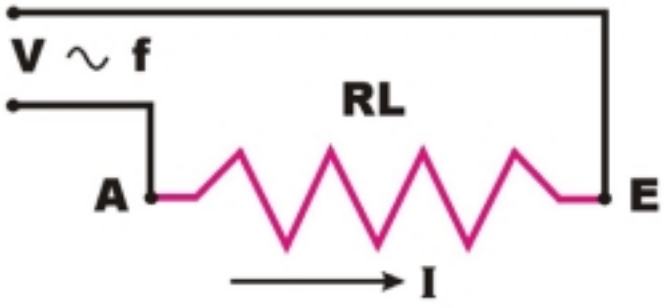


Figura 10 INDUCTANCIA CON RESISTENCIA

Para resolver este caso se hace por partes, **primero se hallará el valor de la resistencia óhmica**, y **después, el de la autoinducción; como si fuesen dos circuitos puros, puestos en serie.**

El valor de la resistencia óhmica, será, en cada instante, igual al producto de la resistencia de la bobina en ohmios, por el valor de la intensidad que recorre el circuito. Es decir:

$$E_r = R\,I$$

Como se dijo anteriormente, esta caída de tensión está en fase con el voltaje, representado en vectores en la figura 13 sería:

Figura 11 VECTORES DE LA CAÍDA DE TENSIÓN ÓHMICA

La otra caída de tensión de la red, a la que está conectada la bobina, es la inductiva; que quedó definido que tiene el valor:

$$Ex = 2\,\pi\,f\,L\,I$$

También se dijo que, está desfasada en retraso 90º eléctricos; como se representa en la figura 11.

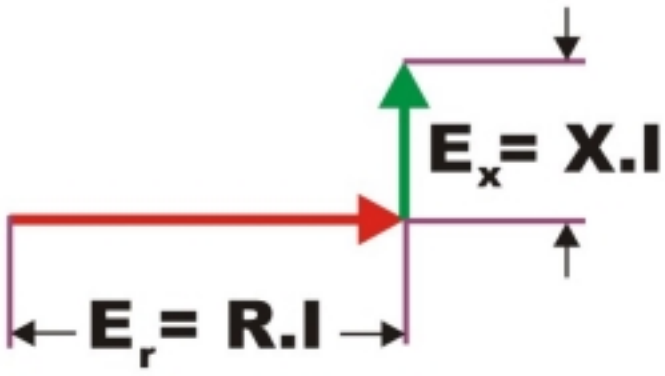


Figura 11 VECTORES DE LA CAÍDA DE TENSIÓN INDUCTIVA

Al estar desfasadas 90º las dos caídas de tensión, no es posible efectuar la suma aritmética, para averiguar la caída de tensión total; por lo que, es preciso recurrir a la suma geométrica, de los valores eficaces.

Para efectuar la suma, se adopta el eje horizontal como fase o dirección de la corriente. En la figura 12, **AB** es el valor eficaz de la caída de tensión óhmica E_r, y en la perpendicular **BC** está representado el valor eficaz de la caída de tensión inductiva E_x. Entonces la hipotenusa de este triángulo que se forma trazando al recta **AC** representa la suma de la caída de tensión óhmica más la inductiva.

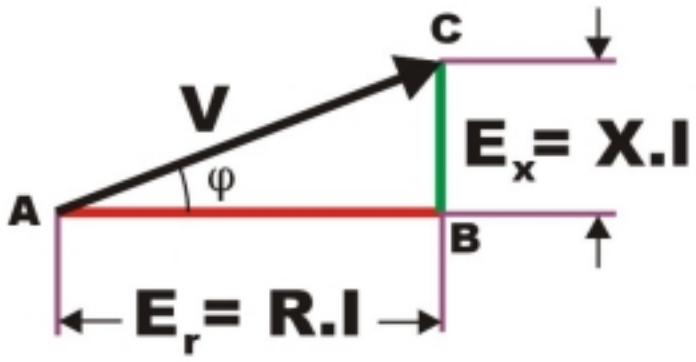


Figura 12 TRIANGULO DE TENSIONES DE UNA RESISTENCIA CON AUTOINDUCCIÓN

El triángulo **ABC**, formado por los vectores que representan caídas de tensión recibe el nombre de ***triángulo de tensiones***.

El **ángulo** n, **señala el desfase** existente entre la corriente **I** que recorre el circuito, y la tensión **V**, de la red de alimentación.

Por el **teorema de Pitágoras** se establece la relación existente entre la hipotenusa del triángulo con los catetos del triángulo.

$$V = \sqrt{E_r^{\,2} + E_x^{\,2}}$$

Por trigonometría se obtiene que

$$E_r = V \cos n$$

$$E_x = V \operatorname{sen} n$$

14. TRIANGULO DE RESISTENCIAS: IMPEDANCIA

Si se dividen los tres lados del triángulo de la figura 12, por el valor eficaz de la intensidad de corriente; se obtiene otro triángulo, semejante al anterior, o sea, el triángulo **EFG** de la figura 13; en el cual, el cateto horizontal **EF**, representa el valor de la resistencia **R**, el cateto vertical **FG**, representa la reactancia **X** de autoinducción; y, finalmente, la hipotenusa **EG**, representa **la resistencia total del circuito**. **Esta resistencia, recibe el nombre de impedancia**, y se la designa con la letra **Z.**

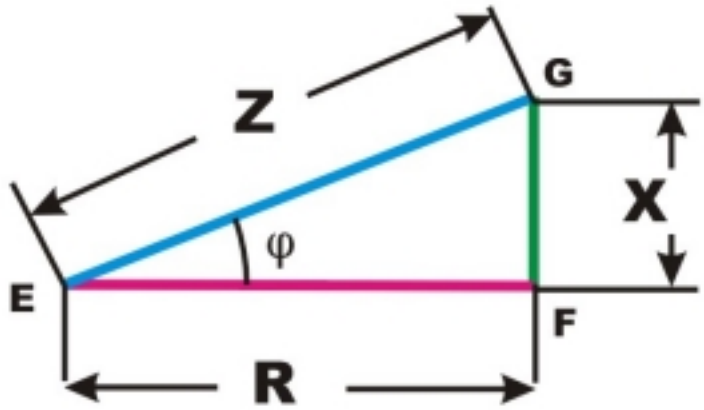


Figura 13 TRIANGULO DE RESISTENCIAS DE UNA INDUCCIÓN CON RESISTENCIA

Las resistencias están relacionadas entre sí por las fórmulas

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

R = Z cos n

X = Z sen n

15. POTENCIA

La **potencia real o activa** en corriente alterna, es igual al producto del valor eficaz de la tensión de la red, por la intensidad eficaz de corriente que recorre el circuito, por el coseno del ángulo de desfase entre la tensión y la corriente.

P = V I cos n

El valor que tenga el **coseno de** n, recibe el nombre de **factor de potencia**.

16. TRIANGULO DE POTENCIAS

Multiplicando las longitudes de los tres lados, del triángulo de tensiones de la figura 16, por el valor eficaz de la intensidad de corriente que recorre el circuito; se obtiene un nuevo triángulo semejante a los anteriores, que se denomina **triángulo de potencias**. Sea el triángulo **JKL** de la figura 14.

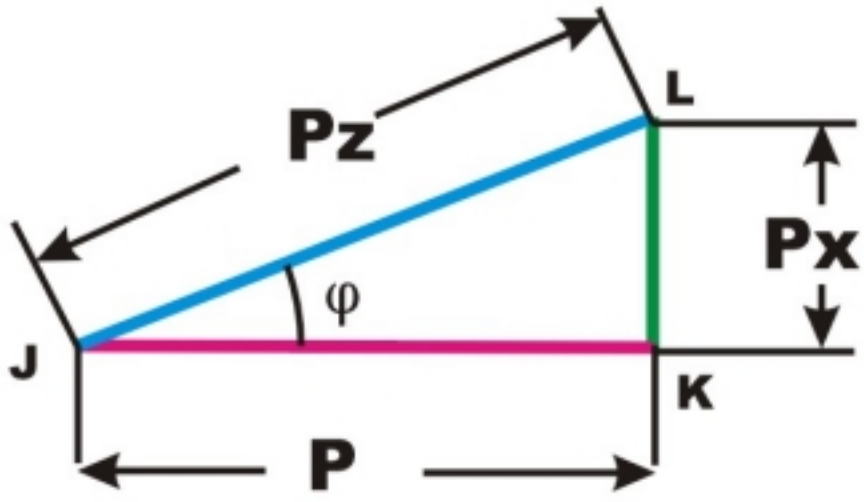


Figura 14 TRIANGULO DE POTENCIAS DE UNA RESISTENCIA CON AUTOINDUCCIÓN

En este triángulo, la hipotenusa **JL** representa el valor de la **potencia aparente**

$$P_z = V\,I$$

el cateto horizontal **JK** representa la **potencia activa**

$$P = V\,I\cos n$$

y finalmente el cateto **KL** representa la **potencia reactiva**

$$P_x = V\,I\,\text{sen}\,n$$

La **potencia aparente** se expresa en **VA** ***voltamperios***

La **potencia activa** en **W** ***vatios***

La **potencia reactiva** en **VA-r** ***voltamperios reactivos o Var***

Los múltiplos de estas potencias son:

El **Kilo-voltamperio** o **ka-ve-a**

El **kilo-vatio**

El **Kilo-voltamperio reactivo** o **Kilo-var**

17. CIRCUITO CON RESISTENCIA, AUTOINDUCCIÓN Y CAPACIDAD

Considerese el circuito representado en la figura 15, que contiene: una bobina, de resistencia **R**, en ohmios; conectada a un circuito de corriente alterna, con una autoinducción ***L***, en henrios; y, un condensador de capacidad **C**, en faradios.

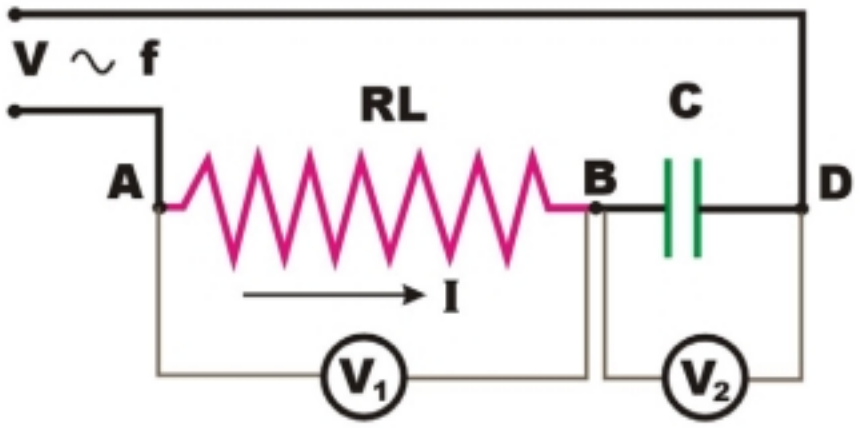


Figura 15 CIRCUITO R *L* C

Siendo **V**, la tensión eficaz, en voltios, de frecuencia **f**, en hertzios; que es recorrido por una corriente, cuya intensidad será alterna senoidal, de igual frecuencia que la de la tensión de alimentación; esta corriente dará lugar a tres caídas de tensión diferentes en el circuito: Una de ellas **óhmica**, cuyo valor será en cada instante, igual al producto del valor constante de la resistencia **R**, por el valor instantáneo de la intensidad de corriente que recorre el circuito. Así, pues, **la caída de tensión óhmica** valdrá.

$$E_r = R\,I$$

La segunda caída de tensión, es la inductiva o reactiva, de valor instantáneo

$$E_x = 2\,\pi\,f\,L\,I$$

Finalmente, **la tercera caída de tensión es capacitativa** y de valor:

$$E_y = \frac{I}{2\pi f C}$$

Como, no es posible efectuar la suma aritmética de las caídas de tensión, por el desfase que existe entre una tensión y otra; para obtener el valor eficaz de la tensión de la red, es preciso recurrir a la ***suma geométrica***; así en la figura 16, se toma en **AB** *el valor eficaz de la caída de* ***tensión óhmica*** E_r (en fase con la intensidad de la corriente); y en la perpendicular **BC,** *el* ***valor eficaz de la caída de tensión inductiva*** E_x (adelantada un ángulo de 90º respecto a la corriente).

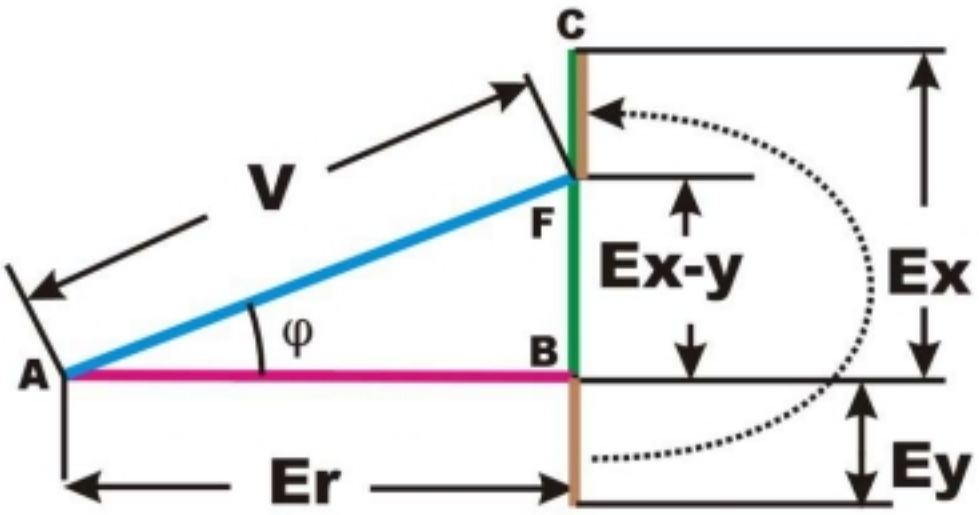


Figura 16 TRIANGULO DE TENSIONES DE UN CIRCUITO R L C

Y sobre **BC** se resta **CF,** que es *la* ***caída de tensión reactiva de capacidad*** E_y (retrasada un ángulo de 90º respecto a la corriente).

Observando los vectores representativos de las caídas de tensión reactiva, formado por la de autoinducción y la de capacidad; se ve que están en la misma dirección pero de sentido contrario. Por consiguiente, la caída de tensión reactiva total será igual a la diferencia de ambas.

$$E_{xy} = E_x - E_y$$

En este caso, la hipotenusa **AF**, es la que cierra el triángulo **ABF** y representa la suma geométrica; por lo que, la tensión **V** de alimentación al circuito valdrá.

$$V = \sqrt{E_r^{\,2} + (E_x - E_y)^2}$$

Por otra parte, **las leyes trigonométricas permiten establecer nuevas fórmulas en función del ángulo de desfase.**

$$E_r = V \cos n$$

$$E_{xy} = V \operatorname{sen} n$$

Por razones de conveniencia, y para evitar efectos no deseados, difíciles de combatir, **la tensión de reactancia inductiva, siempre será mayor, que la reactancia capacitativa,**

En el caso, no deseado, de que **la reactancia capacitativa, llegue a ser del mismo valor de la reactancia de autoinducción, la resta entre una y la otra daría un valor cero,** produciendo igualmente unos efectos que pueden originar el deterioro del generador, **en este caso se dice que el circuito está en resonancia**.

La experiencia enseña que el factor de potencia en viviendas prácticamente es **1**; En circuitos de talleres donde proliferan los motores el cos n suele estar entre **0,87** y **0, 70** y finalmente en alumbrado que necesitan reactancias para el encendido, suele estar en torno al **0,5** sino está corregido, y en torno al **0,9** si está corregido con un condensador por cada reactancia.

18. TARIFAS DE ENERGÍA REACTIVA

Con el fin de que los usuarios de instalaciones eléctricas receptoras, eviten los factores bajo de potencia; las compañías suministradoras de energía, están autorizadas para recargar en el importe de las facturas de energía eléctrica, un recargo que puede llegar hasta el **47%**, sobre total de lo consumido; dependiendo del valor que tenga **el factor de potencia.**

En compensación a esto, aquellas instalaciones eléctricas, que tienen corregido este factor, **pueden recibir una bonificación en la facturación; cuyo valor igualmente depende del grado de compensación que se logre en la red, y que igualmente puede llegar hasta un descuento del 4 % sobre el total consumido** (ver tabla I).

Cos n	Recargo	Bonificación
1	-	4
0,95	-	2,2
0,9	0	0
0,85	2,5	-
0,8	5,6	-
0,75	9,2	-
0,7	13,7	-
0,65	19,2	-
0,6	26,2	-
0,55	35,2	-
0,5	47	-

TABLA I RECARGOS BONIFICACIONES POR FACTOR DE POTENCIA

En ningún caso, se aplicarán recargos superiores al 47 %, ni **bonificaciones superiores al 4 por 100.** Pero; **cuando el factor de potencia, sea inferior a 0'55, en más de tres mediciones, se podrá ordenar al usuario, la mejora del factor de potencia**. Si cumplido el plazo, y no es, atendida la orden, se impondrán sanciones, que pueden llegar a la interrupción del suministro.

19. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

El consumo de energía reactiva se hace en los **contadores de energía reactiva, y la energía activa en los contadores normales de la instalación**. Por la fórmula.

$$\cos\varphi = \frac{P_{activa}}{\sqrt{(P_{\text{activa}})^2 + (P_{reactiva})^2}}$$

Se determina el valor del factor, con dos cifras decimales con redondeo, según el valor de la tercera cifra.

Aunque existen aparatos de medida que mide en todo momento el factor de potencia denominado **fasímetro**, **estos aparatos no se utilizan en la facturación**; al carecer de registro y ser constantemente variables.

20. MEJORA DEL FACTOR DE POTENCIA

Tanto a la compañía suministradora, como a los abonados; les interesa mejorar el factor de potencia. A las compañías, porque así se consigue reducir la caída de tensión y las pérdidas de potencia en las líneas; a los abonados, porque experimentan un descuento en el consumo de electricidad.

Los **medios empleados para reducir el factor de potencia** pueden ser:

En primer lugar **no dejar funcionar los motores en vacío**, o con pequeñas cargar. Si ello es posible, proceder a sustituir los motores que trabajen con holgura por otros menores, que se ajusten al consumo real de la máquina.

En segundo lugar, **compensar por cada máquina individual el factor de potencia**, colocando condensadores en paralelo con ella, de tal manera que al ponerse en marcha, automáticamente se compense la energía reactiva de autoinducción, con la energía reactiva de capacidad.

En tercer lugar, se puede **compensar toda la instalación eléctrica empleando baterías de acumuladores**, con dispositivo automático que constantemente "vigila" el factor de potencia; cuando este, es bajo, automáticamente entra en funcionamiento un contactor, que conecta uno o más condensadores; tantos como sean necesarios para elevar el factor de potencia; si por el contrario, el factor de potencia es demasiado alto, automáticamente se desconectan los condensadores y todo ello sin la intervención del hombre.

21. CALCULO TEÓRICO DE UNA BATERÍA DE CONDENSADORES

Si una instalación receptora de corriente alterna consume una potencia activa **P**, en KW, bajo un factor de potencia **cos** n. **equivalente a tag** n. La potencia reactiva P_x, en KVAr, consumida valdrá:

$$P_x = P \cdot \text{tag } n$$

La composición de potencias de esta instalación viene representada por el triángulo **ABC** de la figura 17.

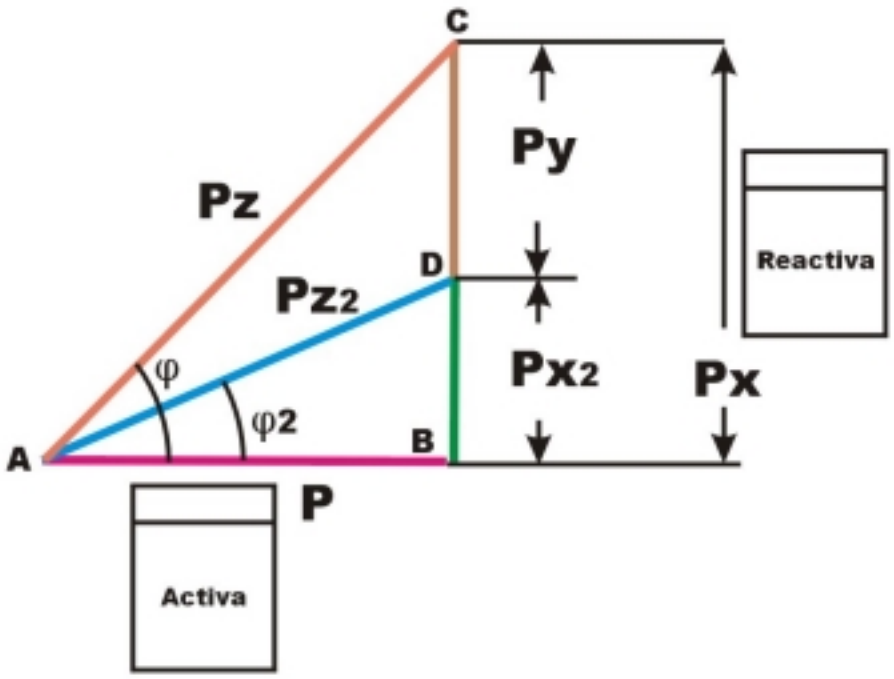


Figura 17 TRIANGULO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Si se instala una batería de condensadores, el factor de potencia de la instalación quedará mejorado, tomando un valor **cos** n_2. equivalente a **tag** n_2. Dado que la potencia activa consumida sigue siendo **P**, la potencia reactiva $P_{x\,2}$ absorbida en estas condiciones será.

$$P_{x\,2} = P \text{ tag } n_2$$

siendo ahora la composición de potencias la representada por el triángulo **ABD** de la misma figura 17.

Para conseguir la mejora deseada será preciso disponer una batería de condensadores que suministre una potencia reactiva P_y de valor igual a la diferencia de la potencia reactiva **Px**, absorbida inicialmente por la instalación y la $P_{x\,2}$ absorbida por la misma una vez efectuada la mejora del factor de potencia. Así pues, se debe verificar.

$$P_y = P_x - P_{x\,2}$$

sustituyendo en la expresión anterior P_x y $P_{x\,2}$ por los valores dados anteriormente resulta

$$P_y = P \text{ tag } n - P \text{ tag } n_2$$

Sacando factor común **P**, resulta finalmente:

$$P_y = P (\text{tag } n - \text{tag } n_2)$$

Fórmula que dice: *La potencia reactiva en KVAr, que debe producir una batería de condensadores, es igual al producto que resulta de multiplicar el valor de la potencia activa de la instalación, en Kilovatios, por la diferencia de los valores de la tangente de antes y después de efectuada la corrección del factor de potencia.*

Como se ve en la fórmula no interviene el valor del voltaje de la red por lo que esta corrección es independiente de la tensión nominal a que se distribuya la energía.

22. CONDENSADORES QUE SE UTILIZAN PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA

El aspecto físico que presenta una batería de condensadores se asemeja al de la figura 18, totalmente cerrado, para evitar todo contacto directo; esta precaución debe de mantenerse aún estando la red sin servicio; los condensadores presentan un aspecto compacto y tienen un cuadro frontal, con luces len que indican en cada momento, cuantos condensadores están funcionando. El valor del factor de potencia puede ser modificado actuando sobre los mandos de la batería.

Figura 18 CONDENSADOR (UN ELEMENTO DE LA BATERÍA DE CONDENSADORES)

Figura 19 ACOPLAMIENTO PARA FORMAR UN BATERÍA DE CONDENSADORES

Figura 20 LA FORMA MÁS COMÚN DE LOS CONDENSADORES ES LA CILÍNDRICA

Figura 21 CONDENSADORES COMERCIALES PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA

Figura 22 FASÍMETRO DIGITAL Y PROGRAMADOR AUTOMÁTICO PARA MANTENER EL FACTOR DE POTENCIA DENTRO DE LÍMITES MARCADOS

Figura 23 FASÍMETRO DIGITAL Y PROGRAMADOR AUTOMÁTICO DENOMINADO POR LA CASA CONSTRUCTORA VARACTOR

23. FORMA COMERCIAL DE LAS BATERÍAS DE CONDENSADORES PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA

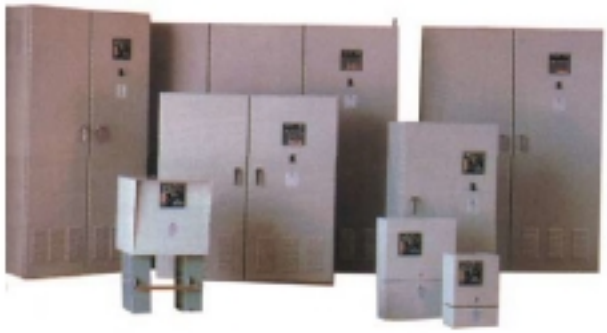


Figura 24 DIVERSOS ARMARIOS PARA CONTENER LA BATERÍA DE CONDENSADORES

Figura 25 BATERÍA DE CONDENSADORES NO AUTOMÁTICA DE 2,5 A 12,5 KVAR

Figura 25 BATERÍA DE CONDENSADORES AUTOMÁTICA DE 75 A 200 KVAR

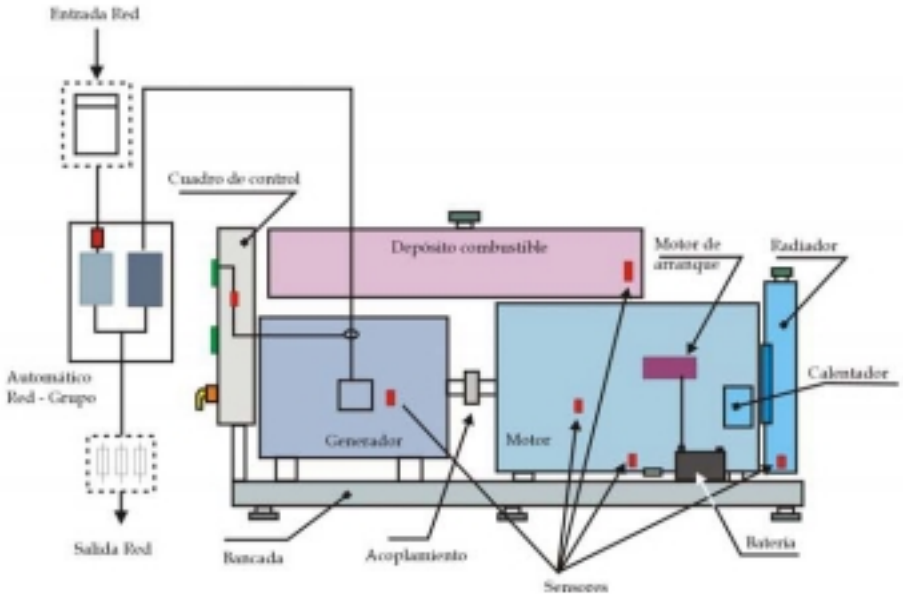
El cálculo de una batería de condensadores, normalmente lo hace la empresa que lo fabrica, basándose en los datos de facturación de consumo de todo un año. Cuando se trata de una industria nueva, la dificultad radica en que no se sabe exactamente el tiempo que va a estar funcionando cada máquina y que factor de potencia se va a producir en el conjunto de la fábrica, por lo que se suele optar por compensar el factor de potencia por cada máquina, opción más cara; por lo que algunos prefieren esperar un años de funcionamiento y optar por la batería de condensadores con datos contrastados.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual
Electricidad industrial
Módulo 3
Máquinas eléctricas

Tema 1

Sistemas alternativos de energía eléctrica: Grupos electrógenos, baterías, bloques autónomos



Tema 7
Sistemas alternativos de energía eléctrica. Tierras

Índice

1. Tipos de suministros 1
2. Fuentes propias de energía 2
3. Alumbrado de emergencia 2
4. Alumbrado de seguridad 3
5. Alumbrado de reemplazamiento 3
6. Batería de acumuladores 4
7. Carga del acumulador 5
8. Baterías 5
9. Indicios de fin de la carga 6
10. Sulfatación de las placas 7
11. Bloques autónomos 8
12. Alimentación continua 11
13. Grupos electrógenos 14
14. Suministro de corriente a instalaciones 14
15. Constitución de un grupo electrógeno 15
16. Cuadro de automatismos 16
17. Motor 17
18. Generador 19
19. Depósito de combustible 20
20. Sistema de conexión Red-Grupo 20
21. Modalidades de funcionamiento 21
22. Instrumentos de medida 23

ITC-BT 28 Instalaciones en locales de pública concurrencia 24
ITC-BT 18 Instalaciones de puestas a tierra 35

Tema 7

Sistemas alternativos de energía eléctrica. Tierras

1. TIPOS DE SUMINISTROS

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión clasifica los suministros eléctrico en **normales** y **complementarios**.

Son **suministros normales**, los efectuado a cada abonado por **una sola empresa, por la totalidad de la potencia contratada y con un único punto de entrega**.

Se llama **suministro complementario** o **de seguridad** los que:

> Pueden realizare por **dos empresas distintas** o por **el mismo usuario con medios de producción propios**. También los de **una sola empresa con dos líneas independientes**

El **suministro complementario** se clasifica en:

> Suministro de **socorro** destinado a cubrir un mínimo del **15 %** del suministro normal
>
> El suministro de **reserva** debe cubrir al menos, el **25 %** del suministro normal
>
> Suministro **duplicado** es el que debe de poder mantener en servicio normal una potencia mayor del **50 %** del suministro contratado. ART. 10.

Todos los locales de pública concurrencia deberán disponer de **alumbrado de emergencia o seguridad** ITC-BT-28.

Se considera como locales de pública concurrencia **todos aquellos que se dediquen a actividades recreativas**, cualquiera que sea su aforo. También **todos los locales de reunión donde puedan haber una ocupación de 1 persona por cada 0'8 m^2 de superficie útil**

La **alimentación para los servicios de seguridad puede ser automática o manual**, se considera automática, cuando esta alimentación, no dependa de la intervención de un operador.

Duración entre el corte de suministro y la conmutación al suministro complementario:

Duración de conmutación	Categoria
15 segundos	Corte largo
Antes de 15 segundos	Corte mediano
0,5 segundos como máximo	Corte breve
0,15 segundos	Corte muy breve
Alimentación continua	Sin corte

2. FUENTES PROPIAS DE ENERGÍA

Baterías de acumuladores	Aparato autónomos	Grupos electrógenos

La puesta en funcionamiento se realizará al producirse la falta de tensión en el suministro normal o el suministro complementario, o cuando la tensión descienda por debajo del **70 %** del valor nominal (70 % de 230 V = 160 V).

3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Tiene por objeto asegurar, en caso de fallo en la alimentación al alumbrado, la iluminación de los locales y accesos hasta las salidas, que **permita la evacuación del público**, también se podrá iluminar automáticamente otros puntos que se señalen, y deberá entrar en funcionamiento en corte breve (antes de 0,5 segundos)

Dentro de la consideración de alumbrado de emergencia se incluye el **Alumbrado de seguridad** y el **Alumbrado de reemplazamiento**

4. ALUMBRADO DE SEGURIDAD

Este alumbrado debe **garantizar la seguridad de las personas** que evacuen una zona **o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona**.

Figura 1 APLIQUE DE SEÑALIZACIÓN Y EMERGENCIA

Estará constituido por fuentes propias de energía (ver párrafo 2) que **solo podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga** (en tiempo de suministro normal).

El alumbrado de seguridad comprende:			
	Objeto	Nivel iluminación	Duración
Alumbrado de evacuación	Garantizar las rutas de evacuación y el uso de los medios de seguridad	1 lux a nivel de suelo	1 hora
Alumbrado ambiente o antipánico	Permita identificar las rutas de evacuación e identificar los obstáculos	0,5 lux a 1 metro del suelo	1 hora
Alumbrado de zonas de alto riesgo	Garantiza la seguridad de las personas ocupadas en actividades peligrosas	15 lux o el 10 % del alumbrado normal	El necesario, con un mínimo de 2 horas

5. ALUMBRADO DE REEMPLAZAMIENTO

Se denomina así al Alumbrado que permite la **continuación de las actividades normales** si el alumbrado de reemplazamiento **proporciona una iluminación inferior al alumbrado normal se usará únicamente para terminar los trabajos con seguridad**.

Al final de este tema se incluye la ITC-BT 28 dende se especifican las propiedades que deben de reunir los diferentes tipos de alumbrado complementarios o de seguridad

6. BATERÍA DE ACUMULADORES

Un acumulador es un dispositivo químico que al ser sometido al paso de la corriente continua ***transforma la energía eléctrica en energía química*** sin que se consuma esta energía, permaneciendo en estado potencial, **de tal modo que ésta pueda transformarse directamente en energía eléctrica cuando sea necesario**.

Figura 2 ACUMULADOR DE 6 VOLTIOS

La energía por así decirlo se halla **almacenada o acumulada** para poderse utilizar al cabo de un cierto tiempo; de aquí el nombre de **acumulador** con que se le designa (figuras 2 y 3)

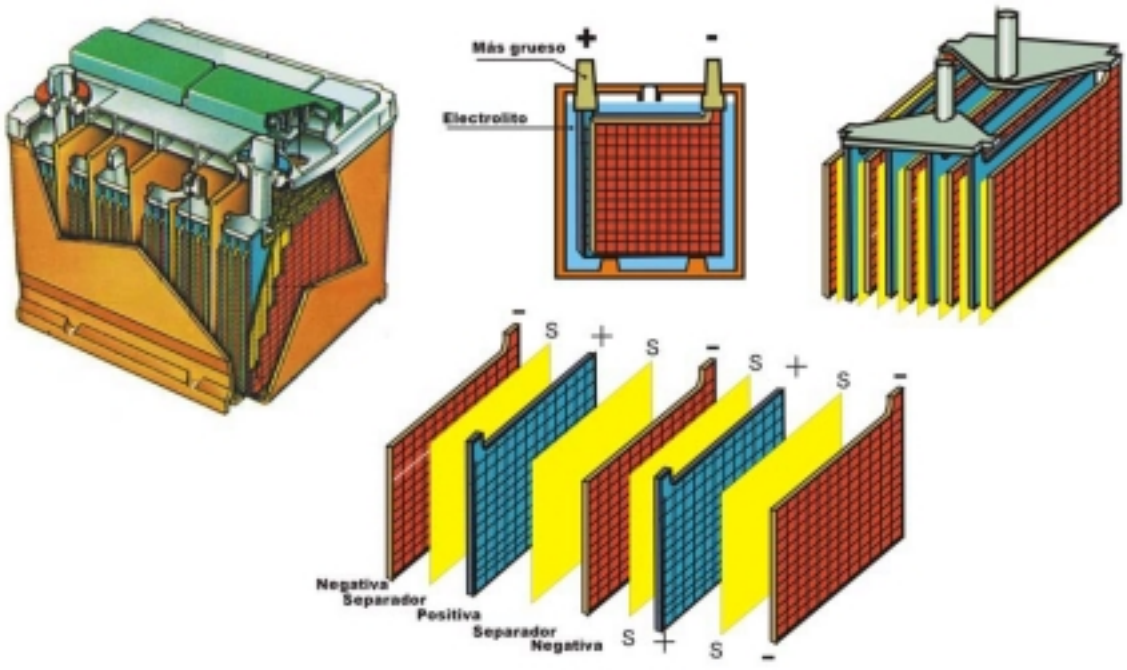


Figura 3 DISPOSICIÓN DE LAS PLACAS DE UN ACUMULADOR

7. CARGA DEL ACUMULADOR

Normalmente se colocan seis acumuladores, puesto en serie, para aumentar el voltaje del conjunto hasta 12 voltio; a esta disposición de seis, tres o más elementos formando un bloque se le da el nombre de **batería de acumuladores**.

La **carga y la descarga de una batería** se efectúa según el esquema de la figura 4.

El generador, es necesario que sea de tensión variable, por medio de un reóstato; sobre todo para la primera carga, en la que se produce la **formación de las placas**, en cuyo período, la resistencia interior del acumulador es muy pequeña; por lo que la corriente sería excesiva si no se disminuyera el voltaje de carga.

El amperímetro es imprescindible para **no sobrepasar el valor máximo permitido durante la carga**; **en acumuladores que reciben su primera carga de formación, este valor suele ser el uno por ciento de su capacidad**; mientras que, en acumuladores que ya han pasado este período, simplemente se somete a recarga, **el valor de la intensidad de corriente, es un diez por ciento del valor de su capacidad.**

Un acumulador de **95 Amperios hora** se carga a **9'5 Amperios**

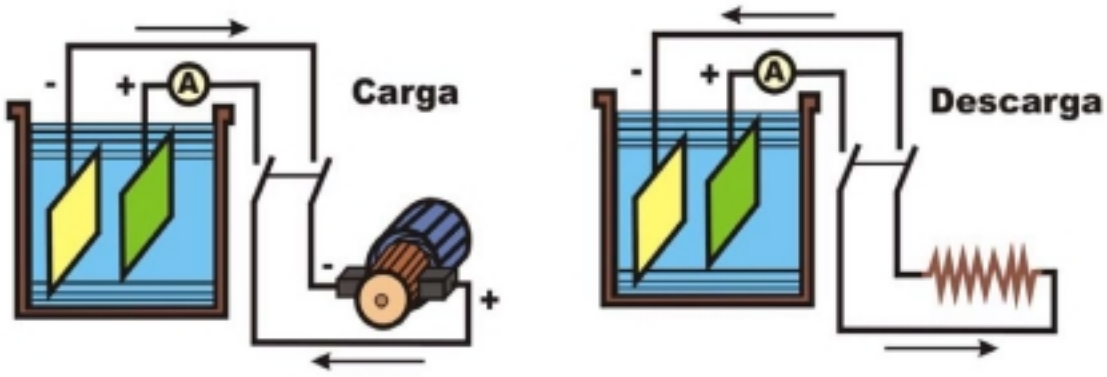


Figura 4 CARGA DE UNA BATERÍA DE ACUMULADORES

8. BATERÍAS

Varios acumuladores puestos en serie formando un bloque compacto reciben el nombre de **batería** (figura 5). El voltaje de cada batería se calcula por el número de vasos de que está compuesto, como la fuerza electromotriz es de **2'2 voltios** a plena carga **y 1'8 voltios cuando están descargados**, la tensión que se toma es la de la diferencia de potencial a circuito cerrado, **dos voltios por acumulador**.

Por tanto, **una batería de seis vasos tiene 12 voltios**. Por costumbre, hoy día se llama **batería a todos los acumuladores aunque solo sea de un solo vaso**.

La capacidad que tiene una batería de acumular carga depende de sus dimensiones, **a mayores dimensiones mayor capacidad** de almacenamiento.

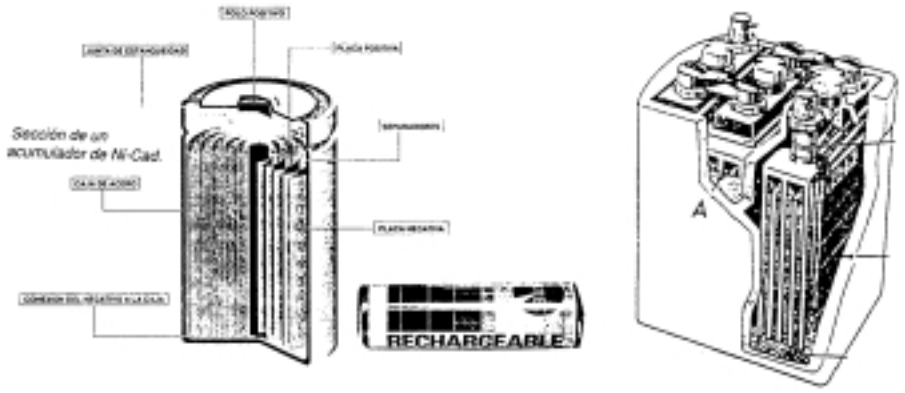


Figura 5 DOS TIPOS DISTINTOS DE BATERÍA DE ACUMULADORES

La capacidad de una batería, o acumulador, se mide en amperios horas. Decir que **una batería es de 54 amperios horas** se interpreta como que puede proporcionar **durante una hora 5'4 amperios**; o bien **54 amperios durante un minuto**; también que se puede sacar de ella **0'54 amperios durante 10 horas**. Todo dependerá del tiempo que esté conectada y de los amperios que se extraiga de ella durante los minutos que esté en servicio; **también depende de si el servicio es ininterrumpido o es un consumo intermitente**.

Aunque esto último no influye mucho cuando los consumos son bajos en relación con la capacidad de la batería, si influye bastante cuando la descarga es elevada.

9. INDICIOS DE FIN DE LA CARGA

Existen varios procedimientos para determinar aproximadamente el estado de carga de una batería

El voltímetro no es un medio muy fiable cuando la batería está con los bornes libres, es decir, sin carga, **para medir el voltaje de una batería se hace sometiendo la batería a una descarga al mismo tiempo que se hace la medición**.

El otro método es por **la densidad del electrólito**, la mayor concentración de ácido indica que la batería está cargada mientras que la perdida de densidad demuestra que

la batería está descargada. La medida de la densidad se hace por medio del **densímetro** (figura 6), que, por lo general, tienen marcadas varias señales en la que **la inferior corresponde a descarga total** y ***la* superior *a la carga completa***, con el densímetro casi hundido en el electrólito.

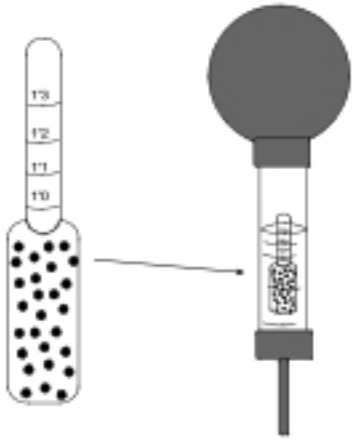


Figura 6 DENSÍMETRO

10. SULFATACIÓN DE LAS PLACAS

Una batería, que normalmente funcione a medio cargar, es como si estuviese suministrando una intensidad mayor para la que está construida; o bien, si se deja durante **grandes períodos de tiempo sin someterla a carga y descarga, sus placas se modifican; recubriéndose con una placa de sulfato que impide que se verifiquen las reacciones químicas y, por tanto, poco a poco se inutilizan**. Para impedir esto es preciso vigilarla; **no someterlas a descargas excesivas**, tenerlas **siempre a plena carga** y si se almacena durante grandes períodos de tiempo; someterlas a **cargas y descargas periódicas**, es muy importante almacenarlas a plena carga, y antes de que se descarguen por si solas (En realidad no se descargan, sino que se sulfatan), **someterlas a una descarga y después volverlas a cargar**, es decir, **cargar de ves en cuando una batería una y otra vez sin antes haberla sometido a una descarga, es tan perjudicial como si no se le hubiera dado carga alguna**.

Durante la descarga de la batería se producen unas reacciones químicas que producen oxígeno que se volatiliza y va la atmósfera, este oxígeno arrastra detrás de sí minúsculas partículas de ácido que contaminan el local, por lo que es peligroso respirarlo, igualmente el oxígeno desprendido es peligroso por lo inflamable.

Por tanto, **donde existen baterías de acumuladores; y sobre todo, donde se procede a su carga. No pueden encenderse llama, porque existe gran peligro de explosión debido a la acumulación del oxígeno; por ello, estos locales deben tener ventilación natural, si es posible, y si no lo es, de ventilación forzada, por medio de extractores de aire**. La instalación eléctrica de estos locales, se realizará cubriendo las partes metálicas con pintura anticorrosiva, y empleando tubos de plástico sellados, así como el mando de los interruptores y circuito de mando.

IMPORTANTE: Durante la descarga se consume parte del agua que hay mezclada con el ácido sulfúrico dentro de la batería, convirtiéndose en oxígeno que va a la atmósfera, por lo que el nivel del electrólito baja, cuando se pone una batería a cargar es preciso restituir el agua que se pierde, **añadiendo agua destilada**, es decir, agua pura sin sales, ni cal que dañen las placas y la sulfaten, **ácido no se añade nunca.**

11. BLOQUES AUTÓNOMOS

La construcción de acumuladores "secos" y con las mismas dimensiones de las pilas portátiles ha echo posible la construcción de aparatos de alumbrado de emergencia económico, y por añadidura, que se utilicen aún donde no son obligatorios, y donde son obligatorios se usan en mayor cantidad de lo estrictamente necesarios, sin que se considere un derroche o un lujo.

Figura 7 BALIZA PARA ESCALERAS

Figura 8 EQUIPO AUTÓNOMO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

La batería de estos grupos autónomos son de **Níquel Cadmio** y tamaño de las pilas cilíndricas, **con garantía de duración de más de una hora de funcionamiento**.

La envuelta es de material autoextinguible y suelen fabricarse con conexión para telemando y apagado manual.

Se conectan a redes generales, o derivaciones cuyo servicio se prevé permanente, nunca a líneas que parcialmente están durante horas desactivadas.

Interiormente, **consta de transformador**, **rectificador de corriente** y **relé de carga**. Contiene además una o dos lámparas incandescentes en serie con la lámpara principal de iluminación. Esta lámpara, al estar encendida mientras haya tensión, sirve como alumbrado de señalización permanente y como control de que la lámpara principal de luz de emergencia no está fundida. Cuando el bloque entra en funcionamiento la lámpara en serie se apaga y se enciende las dos principales, o una de tubo fluorescente, en ese momento comienza la descarga de la batería; al volver la tensión, automáticamente el relé de carga apaga la luz principal y comienza la carga a través de la lámpara en serie, si no enciende esta luz de señalización es que la batería no está cargando, y por tanto, es un medio de seguridad del servicio.

Variantes de iluminación de emergencia

El anterior Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 1975, prohibía expresamente la utilización de tubos fluorescentes en los alumbrado de emergencia, sin embargo el uso de reactancias electrónicas de encendido rápido (no usan cebador) permite que se utilice como de encendido rápido y el nuevo reglamento de 2002 olvida esta prohibición anterior (figura 9).

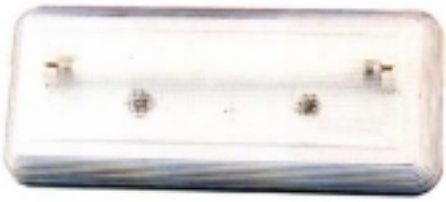


Figura 9 EQUIPO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA CON TUBO FLUORESCENTE

Para reparaciones en **situaciones de emergencia existen bloques transportables** como el de la figura 10 con lámparas de mayor consumo en focos orientables.

Figura 10 EQUIPO DE EMERGENCIA DE GRAN POTENCIA

A fin de que los equipos resulten más económicos se coloca **un solo cargador con una única batería** (figura 11) y de este equipo se sacan las líneas que van hasta los puntos de iluminación, que solo tendrá la lámpara sin cargadores individuales.

Figura 11 EQUIPO DE ALIMENTACIÓN PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Para hoteles y lugares **donde la decoración es muy importante**, la colocación de equipos como el de la figura 9 desentona mucho, se pueden sustituir por otros que se fabrican **imitando aparatos de iluminación clásicos**, como el de la figura 12, su único inconveniente es el mayor precio, pero estáticamente compensa al dar mejor presentación.

Figura 12 APARATO DE EMERGENCIA DECORATIVO

12. ALIMENTACIÓN CONTINUA

Hoy día, en todo tipo de negocios de gran volumen, medio y pequeño volumen, incluso para uso doméstico, se utilizan los ordenadores.

El funcionamiento interno de los ordenadores está basado en el uso de diversos tipos de memorias que en casos de micro cortes de corriente no se pierde, permanecen en la memoria llamadas ROM, PROM, EPROM y otras; pero una parte de la información, se almacena en otro tipo de memoria, como la **RAM, que se pierde**. Si la corriente se corta aunque sea por unas décimas de segundos, el resultado evidente es que se reinicia el sistema y toda la información que no se haya grabado previamente se pierde, **teniéndose que rehacer todo el trabajo previo al corte de la corriente que se almacenaba en la memoria RAM**. Para evitar este inconveniente (la falta de corriente), se emplean baterías que en caso de corte permite continuar el funcionamiento de los ordenadores, el tiempo suficiente para cerrarlos correctamente sin que se pierda la información acumulada desde que se puso en marcha.

El problema de alimentación con una batería alternativa es que al ordenador no se le puede cortar la corriente ni por unas décimas de segundo, el sistema de seguridad empleado es el de la alimentación continua.

El sistema de **alimentación continua** consiste en recibir **la corriente alterna de 220 V y transformar el voltaje a la tensión de la batería**, rectificarlo y cargar la batería con corriente continua. **Al mismo tiempo, que se suministra corriente a la batería se suministra corriente a un sistema llamado ondulador, que vuelve a aumentar el voltaje y transformarlo en corriente alterna de 220 V**. De esta forma se está suministrando constantemente tensión alterna al ordenador y cuando falte el suministro en alterna la batería deja de cargar, pero desde este momento, y hasta su agotamiento continúa suministrando energía al ordenador **sin que se pierda lo acumulado en la memoria RAM**, claro está que si no se cierra el ordenador lo antes posible y se continúa trabajando como si nada ocurriera la batería se agotará y acabará por dejar de funcionar el ordenador.

Figura 13 COMPARACIÓN DE TAMAÑO DE ALIMENTADOR CONTINUO CORRIENTE DE GRAN POTENCIA

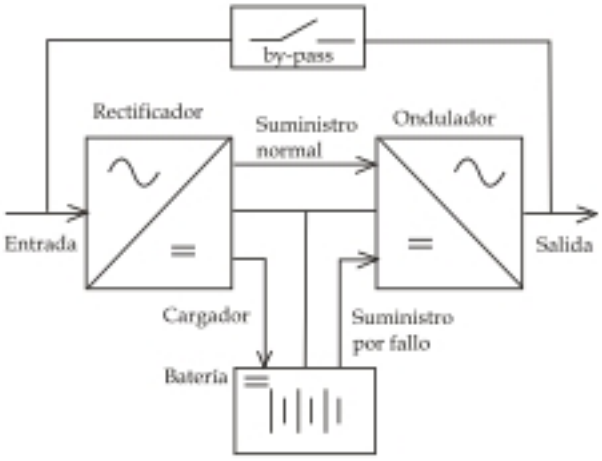
Lo que ocurre con mucha frecuencia es que los cortes de corriente suelen ser de minutos, casi nunca de horas, los usuarios suelen confiarse a experiencias anteriores y no cierran el ordenador, esto es ya su responsabilidad no la del fabricante del equipo ni de la capacidad de la batería.

Existen alimentadores para un solo ordenador (figura 14) y de mayor capacidad que abarque a todos los equipos de una oficina como el de la figura 13. Incluso pueden acoplarse varios en paralelo para aumentar la capacidad de respuesta en situaciones de emergencia.

Figura 14 ALIMENTADOR CONTINUO PARA UN SOLO ORDENADOR

Funcionamiento

La corriente es totalmente regenerada por **transformación permanente de corriente alterna a continua**, lo que asegura una calidad constante, cualquiera que sean las perturbaciones de la red. Contrariamente a lo que se cree la batería sólo se utiliza en caso de emergencia. Un bypass automático actúa sin corte en caso de anomalía, el alimentador continuo optimiza constantemente el margen de tensión de entrada (figura 15). En consecuencia, los pasos por batería son más escasos y los tiempos de solicitación más cortos. De este modo la batería permanece disponible con una carga máxima para los incidentes más graves lo que mejora su duración de vida.



15 FUNCIONAMIENTO DEL DOBLE CONVERTIDOR PARA ALIMENTACIÓN CONTINUA

El cargador de batería está equipado con sistemas de última generación sometidos a patentes de las que **los fabricantes no suministran esquema** de pero sí características, se las que se dice que:

- La gama de potencia de alimentadores continuos varía entre **5 y 30 Kva**.
- Los cargadores reducen el tiempo de recarga de la batería
- La instalación en ordenadores se hace mediante software
- La vigilancia del estado de la batería es constante
- Cuando existen anomalías se encienden en el frontal del alimentador luces de aviso.
- El programa cargado en el ordenador, permite recuperar las baterías agotadas

13. GRUPOS ELECTRÓGENOS

Los grupos electrógenos tiene por misión asegurar el abastecimiento de energía eléctrica a las instalaciones que por sus condiciones de uso así lo requiera.

Los grupos electrógenos son elementos caros y su precio está en función de la potencia que puedan suministrar. Lo ideal es que si una instalación consume **30 Kva**, que el grupo sea también de 30 KVA o un **10% mayor**; pero, como normalmente el consumo imprescindible es sensiblemente menor a la potencia máxima, los grupos electrógenos suelen ser de menor potencia, **incluso pueden llegar a ser igual a la tercera parte del consumo total**.

La instalación de grupos electrógenos para una parte del consumo total requiere estudio y colocación de dispositivos que eviten la falta de suministro a la parte de la instalación considerada como prioritaria, este problema requiere soluciones especiales por lo que en este capítulo solo se verá el más sencillo de los casos, que el grupo sea igual a la potencia total instalada.

14. SUMINISTROS DE CORRIENTE A INSTALACIONES

El suministro de una instalación tiene **caja de acometida contador de energía** y **medidas de protección** como fusibles, interruptores de potencia lineas interiores de distribución y al final de cada una de ellas las medidas de protección correspondiente, como diferenciales e interruptores magnetotérmicos o fusibles.

El grupo electrógeno suministra corriente **directamente a la entrada de los fusibles generales** colocados inmediatamente tras el contador (figura 16), de esta forma caso de fundirse un fusible, la falta der tensión en una fase no provoca el arranque del grupo.

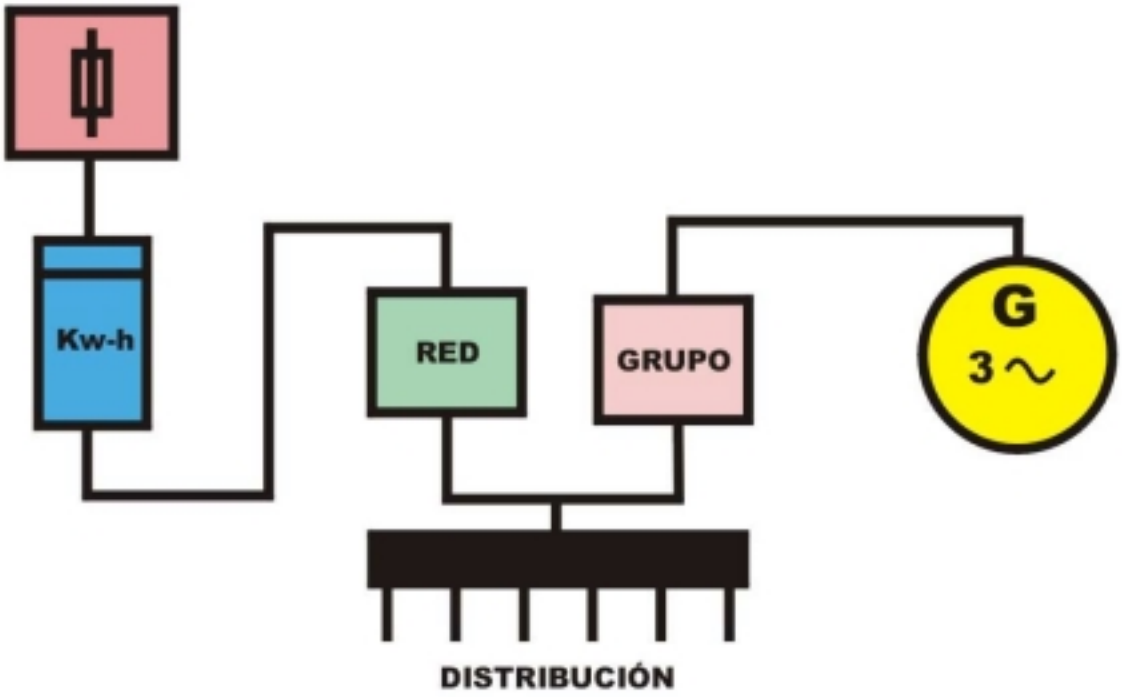


Figura 16 ACOMETIDA CON RED DE DISTRIBUCIÓN - GRUPO ELECTRÓGENO

Normalmente **la instalación eléctrica consume corriente de la red**, en caso de fallo en el suministro **el sistema de vigilancia del grupo arranca el motor y lo conecta de forma inmediata y automática operación que puede tardar entre 4 y 6 segundos.** Cuando se restablece el suministro **el sistema de vigilancia del grupo vigila durante unos ocho minutos sin desconectar el grupo**. Si durante estos minutos no detecta un nuevo fallo, **desconecta el generador sin pararlo y vuelve conectar el servicio la red**, aguarda otros tantos minutos y **si no se repite ningún fallo, entonces para el generador**, quedando en servicio de vigilancia hasta nuevo fallo.

15. CONSTITUCIÓN DE UN GRUPO ELECTRÓGENO

Dividido en bloques, en un grupo electrógeno se aprecian (figura 17) cinco partes principales:

Cuadro de automatismos, Motor, Generador, Depósito de combustible, y Sistema automático de conexión Red- grupo

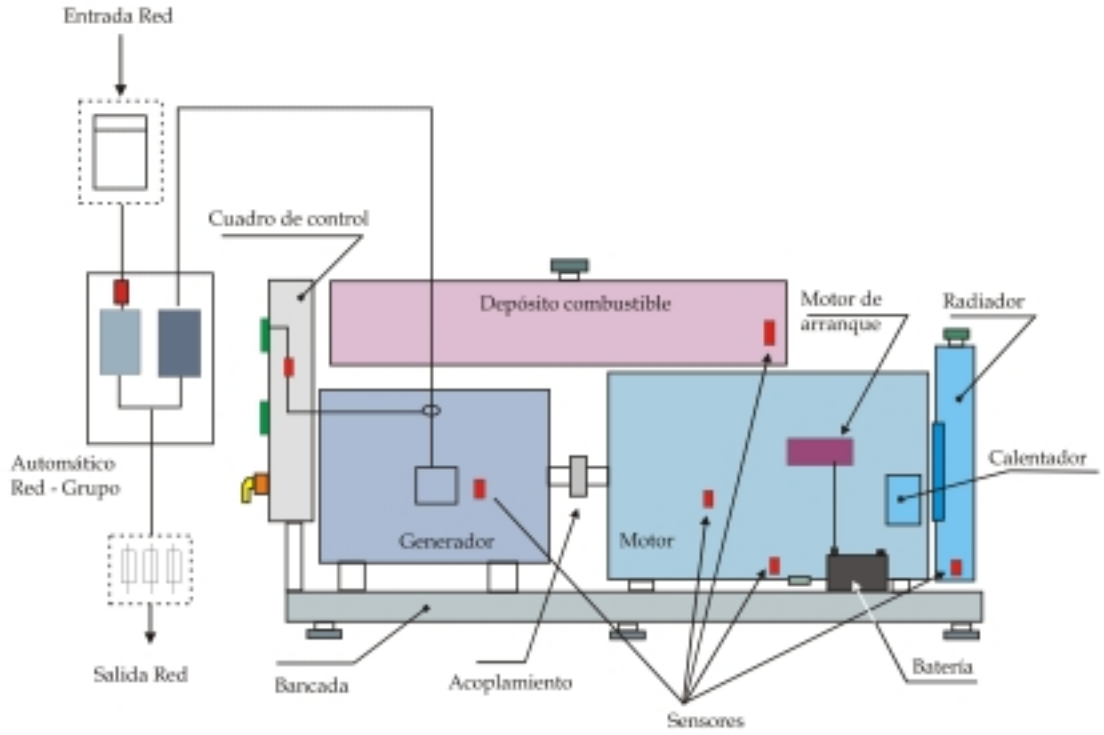


Figura 17 BLOQUES DE GRUPO ELECTRÓGENO

16. CUADRO DE AUTOMATISMOS

Donde se concentra todos los relés, programador, pilotos, aparatos de medida fusibles, selector de funcionamiento y transformadores **que son necesarios para la vigilancia de la red y del grupo que hace posible el funcionamiento automático sin que tenga que intervenir ningún operario**.

El cuadro de automatismos viene montado sobre la misma bancada del grupo, por la parte opuesta al radiador, es decir en la parte donde está el generador. **También puede ser fijado a la pared o sobre un armario anclado al suelo**, **pero siempre próximo al grupo** ya que entre el grupo y el cuadro haya una serie cables de muy diversas secciones para el control eléctrico del funcionamiento tanto del motor como del generador.

17. MOTOR

Para mover al generador se usa un motor de explosión **generalmente de gasoil**, aunque **también puede ser de gasolina**, sobre todo cuando el grupo está montado sobre remolque. **Como motor de explosión necesita un sistema de arranque que lo ponga en marcha** (figura 18)

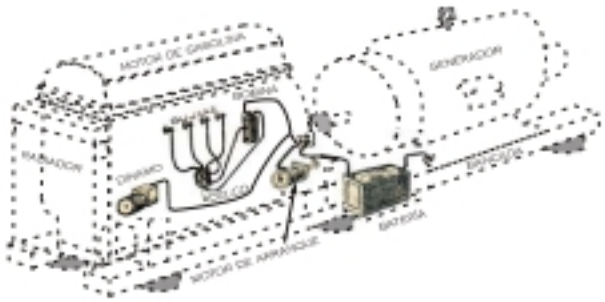


Figura 18 situación del dispositivo de arranque

El sistema de arranque consta de **Batería**, **motor de arranque**, **dinamo (en realidad es un alternador, pero para no confundirlo con el principal se dirá dinamo que es lo que llevaban hace ya tiempo)**, **bobina, delco y bujías**. **Caso de funcional a gasoil lleva resistencia de preincandescencia y bomba de inyección en vez de bujía**, **bobina y delco**. **Con el motor en marcha la dinamo suministra corriente de carga a la batería**, pero **cuando está en reposo, la carga de la batería la mantiene un pequeño rectificador situado en el cuadro de control.** Un relé se encarga de desconecta la dinamo cuando el motor está parado, y la vuelve a conectar cuando el motor funciona. El motor de arranque actúa por el mando de un relé de tiempo que primero caldea los inyectores y luego actúa como pulsador sobre el relé del motor de arranque, **si por alguna causa el motor no arranca al primer impulso, en un segundo se repite el impulso y si vuelve a fallar al segundo impulso lo vuelve a intentar por tercera y última vez y si tampoco arranca se da paso a la bocina de alarma que solo se parará cuando un operador acuda y actúe sobre el silencio de alarma**.

Sistema de **refrigeración del motor**. La parte principal de la refrigeración es **el radiador, y la bomba de agua**, el termostato, y el ventilador, su apoyo principal (figura 19).

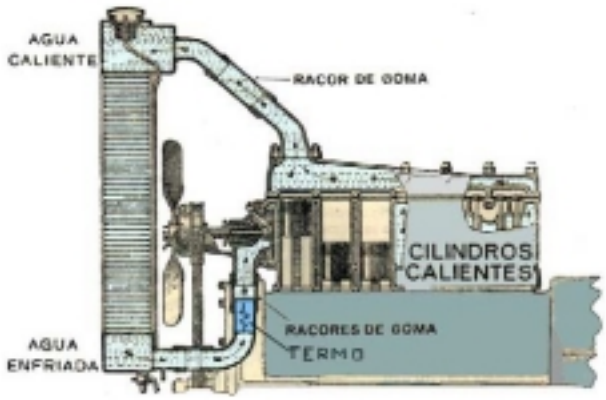


Figura 19 CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR

La única diferencia de este circuito de agua con un motor ordinario, es que al de un grupo electrógeno se le añade un depósito con una resistencia de termo, graduada entre 40 y 60 ºC, con ello el agua se mantiene caliente para facilitar el arranque en cualquier momento, este circuito de termo funciona mientras el motor está parado y se desconecta cuando se pone en marcha, al grupo electrógeno se le añade dos sensores, uno para controlar **la temperatura** y otro para controlar **la falta de nivel de agua**. Su misión es parar **el grupo en cuanto se rebase la temperatura máxima o que falte agua en el radiador por alguna rotura**.

Niveles de aceite. Para evitar roturas por falta de engrase, al motor se le añaden **sensores de presión y de temperatura que paran el motor en el mismo momento que no se cumplan las condiciones de funcionamiento normales**.

Regulador de velocidad. La parte más importante del motor es su regulador de velocidad, ya que **la frecuencia de la tensión de salida tiene que ser constante e igual a 50 hercios durante todo el tiempo de funcionamiento, un aumento de la velocidad, aumenta la frecuencia** y **una disminución del número de revoluciones hace que baje la frecuencia.**

El **regulador de velocidad es una bobina** (figura 20) **que actúa directamente sobre el paso de combustible a los inyectores (acelerador), se regula por la tensión de salida del grupo** y es muy sensible a pequeñas variaciones de tensión.

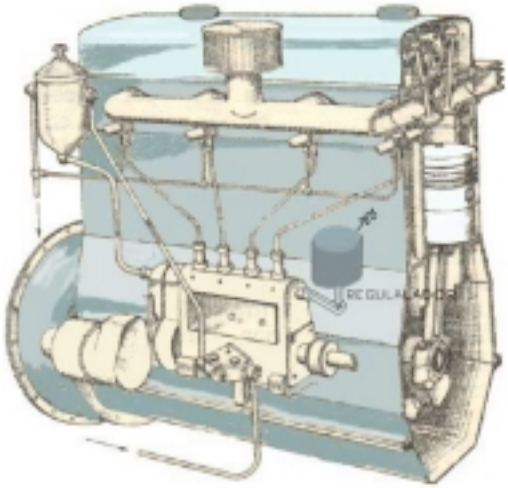


Figura 20 INYECTOR CON SOLENOIDE REGULADOR DE VELOCIDAD

Tubo de escape. Teniendo presente que los gases de la combustión son peligrosos para la vida, porque consume el oxígeno del aire necesario para respirar, el lugar donde se coloca el grupo **debe de estar muy bien ventilado**, y además se debe de tener mucho cuidado de que no se produzcan perforaciones en el tubo, en la colocación se procura **evitar hacer codos, y buscando en lo posible los tramos rectos, también de ser posible, el tubo de escape debe de estar opuesto a la puerta de entrada, para que el viento no lleve los gases liberados al interior del local**. El extremo final del tubo de escape estará dispuesto de forma que cuando el motor esté parado no pueda entrar el agua de lluvia en el tubo, además, el silenciador debe de absorber todo el ruido posible, por lo que **estos silenciadores suelen tener unas dimensiones algo mayores que los de los motores móviles**.

18. GENERADOR

Lo normal es que estén **conectados en estrella**, y **con excitación por corriente continua** en una dinamo adosada al eje o montada en el interior de forma que exteriormente no destaca, los alternadores antiguos necesitaban que se les repasara las escobillas de la dinamo adosada, pero **los alternadores modernos con diodos y sistemas electrónicos de conversión en continua no necesitan mantenimiento**.

Para controlar que el grupo no se vaya a quemar por sobrecarga el cuadro de control lleva **amperímetros por cada fase**, con limitador de máxima que **desconecta el grupo cuando se rebasa el límite**, pudiendo llegar a parar el grupo antes de que se rebasen los límites de seguridad. Los amperímetros sirven para ver el grado de carga en condiciones normales de funcionamiento, si marcan dentro de los niveles máximos habrá de preverse que en condiciones de crisis no entren en funcionamiento todos los circuitos, algunos deberán de quedar fuera de su conexión al grupo

19. DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE

Como los grupos electrógenos funcionan a velocidad fija y esta es relativamente alta, **el consumo de combustible también es alto**, **en comparación con un motor de un automóvil es como si se condujera sin levantar nunca el pie del acelerado**, aunque se estuviera detenido en un semáforo el acelerador siempre a tope.

Porque el consumo, siempre, es elevado, y para no tener problema debido al abastecimiento, **el depósito de construye de gran capacidad, lo máximo que permita las dimensiones del grupo;** la ubicación física del depósito suele ser inmediatamente encina del generador, lo que facilita la entrada del combustible por gravedad. En otros casos, el depósito es la estructura de la bancada a fin de disminuir el volumen total del grupo.

Es buena política de mantenimiento **tener el depósito de combustible siempre al máximo**, y un bidón de reserva para casos de crisis. **Cada vez se pare el grupo revisar la lectura del aforador y reponer el combustible consumido**.

Cuando un motor se para por falta de combustible, además de la interrupción del servicio, **se produce el llenado de las tuberías de inyección con aire**. La reanudación del servicio requiere: llenar el depósito, **extraer el aire de las tuberías** (purgado), y por último arrancar el motor.

Evitar estos inconvenientes se logra con **un sensor de nivel mínimo que dispare la alarma de poco combustible** y **caso de no ser reabastecido parar el grupo de forma automática antes de que se quede del todo sin gasoil**.

En grupos electrógenos pequeños y medianos hace falta una bomba de llenado que pase el combustible del bidón al depósito, normalmente la bomba es manual nunca eléctrica por problemas de seguridad. Cuando el grupo es grande el depósito de combustible está enterrado en el suelo y sé reabastece directamente con un camión de transporte.

20. SISTEMA DE CONEXIÓN RED GRUPO

El sistema de conmutación red-grupo no va incluido en el cuadro de automatismos, **está instalado dentro de un armario distinto y muy próximo al lugar de acometida de la red general inmediatamente después del contador y antes de los fusible generales**, el sistema de vigilancia de cuadro de automatismos toma sus datos de la salida de contador, y si son correctos permite que el contactor de red permanezca cerrado, cuando el margen de seguridad previsto es rebasado **desconecta el contactor de red**, **pone en servicio el grupo** y **conecta el contactor de grupo**, cuando los márgenes de entrada de corriente vuelven a estar dentro de límites desconecta grupo y vuelve a restablecer el servicio de red.

21. MODALIDADES DE FUNCIONAMIENTO

El sistema de control de un grupo electrógeno tiene un selector de cuatro posiciones que permita:

- Desconexión y paro de emergencia
- Arranque manual y funcionamiento en prueba
- Arranque automático
- Servicio en red

Desconexión y paro de emergencia

Permite desconectar tanto el grupo como la red, interrumpe totalmente el servicio, esta posición sólo está justificada ante un grave caso de accidente, como puede ser una electrocución o un incendio, y en algunos obedeciendo a programas de mantenimiento preventivo o de intervención inmediata.

Debe de tenerse mucho cuidado de no provocar por mala manipulación del conmutador la parada el todo el sistema. Por esta razón algunos constructores no incluyen la parada total en este conmutador, la parada sólo se refiere al grupo electrógeno, sin incluir la de red, que en estos casos, se hace abriendo los fusibles.

Arranque manual y funcionamiento en prueba

La razón de ser de los grupos electrógenos de emergencia es que en cualquier momento de las **8.760 horas que tiene el año** que el grupo puede sustituir el abastecimiento normal de energía eléctrica de la red en un tiempo **menor a los cuatro segundos**, pero esto sólo sucede muy de tarde en tarde, afortunadamente. Con el motor parado la mayor parte del tiempo, no es raro que surjan desgastes en parte del sistema mientras el resto **conserva la apariencia de nuevo**, conviene prever un programa de mantenimiento que **mensualmente mantenga el grupo funcionando en vació al menos durante media hora**, para comprobar que no existen fugas y que todos los controles se mantienen dentro de márgenes.

Con este fin **el selector de posición debe permitir el funcionamiento de puesta en marcha del grupo** y tenerlo en funcionamiento durante el tiempo que sea necesario sin desconectar la red, el único inconveniente es que, **si durante el período de prueba ocurre un corte de suministro el grupo no cubre el servicio de forma automática, ya que la automatización queda anulada, en este apoteótico caso hay que pasar el conmutador a servicio automático para restablecer el servicio** en primer lugar y seguir con la revisión en carga en segundo caso.

Con el selector de posición **en arranque manual o pruebas**, la puesta en marcha se realiza **desde el pulsador de marcha (o llave)** y la parada desde el pulsador de paro (o llave).

Al pulsar el pulsador de la marcha el sistema inicia la secuencia de marcha, y si todo está en condiciones arrancará a la primera, en caso de que algún sensor esté en posición de indicar avería el grupo no iniciará la marcha, si los sensores no indican anomalías el motor de marcha hará el intento, repitiendo dos veces más, si no lo logra saltará la **alarma que puede ser silenciada mediante pulsador, nunca por interruptor**.

Detectado el fallo por arranque programado se puede intentar el arranque de forma manual, con la llave de arranque, que permite tener al motor de arranque durante un tiempo más largo, de no lograrse la puesta en funcionamiento del motor se requerirá la intervención de un mecánico de motores para que revise, localice y repare la avería en el sistema de arranque del motor.

Una vez arrancado el grupo, y tenido en funcionamiento durante el tiempo previsto, lo normal es pararlo y repostar, **hacer las anotaciones en la ficha de mantenimiento, pero una vez al año conviene observar el funcionamiento en carga**, la manipulación de red grupo se realiza desde el cuadro de automatismo mediante pulsadores de marcha y paro.

Arranque automático

Es la posición normal del selector en esta posición el sistema está vigilante y actúa por sí solo la puesta en marcha del sistema, como se ha descrito anteriormente.

Servicio en red

En esta posición el contactor de red no se desconecta en caso de fallo de suministro el contactor principal de servicio red se abre pero el grupo no se pone en marcha, es el equivalente en otras marcas al paro. Con esta posición, se asegura que el grupo no se pondrá en marcha aunque se produzca fallo de suministro, **es la posición que debe de seleccionarse antes de proceder a cualquier manipulación en el motor y evitar accidentes por arranque repentino**.

22. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

En todos los grupos electrógenos son imprescindibles los siguientes aparatos de medida:

- Voltímetro
- Amperímetro por cada fase
- Frecuencímetro
- Cuenta horas
- Amperímetro de carga de batería
- Indicador del nivel del depósito de combustible

Otros elementos de seguridad y control

- Selector de posición de funcionamiento
- Conmutador de voltímetro para medir tensión de red o tensión de grupo
- Pilotos de aviso
- Fusibles principales (en el interior)
- Fusibles auxiliares (en el interior)
- Transformadores de intensidad (en el interior)
- Cargador de batería (en el interior)
- Pulsador silencio alarma

INSTALACIONES EN LOCALES DE PÚBLICA CONCURRENCIA

ITC-BT-28

INDICE

1. CAMPO DE APLICACIÓN
2. AUMENTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SEGURIDAD
   - 2.1 Generalidades y fuentes de alimentación
   - 2.2 Fuentes propias de energía
   - 2.3 Suministros complementarios o de seguridad
3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA
   - 3.1 Alumbrado de seguridad
   - 3.1.1 Alumbrado de evacuación
   - 3.1.2 Alumbrado ambiente o anti-pánico
   - 3.1.3 Alumbrado de zonas de alto riesgo
   - 3.2 Alumbrado de reemplazamiento
   - 3.3 Lugares en que deberán instalarse alumbrado de emergencia
   - 3.3.1 Con alumbrado de seguridad
   - 3.3.2 Con alumbrado de reemplazamiento
   - 3.4 Prescripciones de los aparatos para alumbrado de emergencia
   - 3.4.1 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia
   - 3.4.2 Luminaria alimentada por fuente central
4. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL
5. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE ESPECTÁCULOS y ACTIVIDADES RECREATIVAS
6. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE REUNIÓN Y TRABAJO

1 CAMPO DE APLICACIÓN

La presente instrucción se aplica a locales de pública concurrencia como:

Locales de espectáculos y actividades recreativas:

-**Cualquiera que sea su capacidad de ocupación**, como por ejemplo, cines, teatros, auditorios, estadios, pabellones deportivos, plazas de toros, hipódromos, parques de atracciones y ferias fijas, salas de fiesta, discotecas, salas de juegos de azar.

Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios:

- **Cualquiera que sea su ocupación**, los siguientes: Templos, Museos, Salas de conferencias y congresos, casinos, hoteles, hostales, bares, cafeterías, restaurantes o similares, zonas comunes en agrupaciones de establecimientos comerciales, aeropuertos, estaciones de viajeros, estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, hospitales, ambulatorios y sanatorios, asilos y guarderías

- Si la ocupación prevista es de **más de 50 personas**: bibliotecas, centros de enseñanza, consultorios médicos, establecimientos comerciales, oficinas con presencia de público, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, clubes sociales y deportivos

La ocupación prevista de los locales se calculará como 1 persona por cada 0,8 m^2 de superficie útil, a excepción de pasillos, repartidores, vestíbulos y servicios.

Para las instalaciones en quirófanos y salas de intervención se establecen requisitos particulares en la ITC-BT-38

Igualmente se aplican a aquellos locales clasificados en condiciones BD2, BD3 y BD4, según la norma UNE 20.460 -3 y a todos aquellos locales no contemplados en los apartados anteriores, cuando tengan una capacidad de ocupación de **más de 100 personas**.

Esta instrucción tiene por objeto garantizar la correcta instalación y funcionamiento de los servicios de seguridad, **en especial aquellas dedicadas a alumbrado que faciliten la evacuación segura de las personas o la iluminación de puntos vitales de los edificios**.

1. ALIMENTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SEGURIDAD

En el presente apartado se definen las características de la alimentación de los servicios de seguridad tales como alumbrados de emergencia, sistemas contra incendios, ascensores u otros servicios urgentes indispensables que están fijados por las reglamentaciones específicas de las diferentes Autoridades competentes en materia de seguridad.

La alimentación para los servicios de seguridad, en función de lo que establezcan las reglamentaciones específicas, puede ser **automática** o **no automática**.

En **una alimentación automática la puesta en servicio de la alimentación no depende de la intervención de un operador.**

Una alimentación automática se clasifica, según la duración de conmutación, en las siguientes categorías:

- **Sin corte:** alimentación automática que puede estar asegurada de forma continua en las condiciones especificadas durante el periodo de transición, por ejemplo, en lo que se refiere a las variaciones de tensión y frecuencia.
- **Con corte muy breve:** alimentación automática disponible en **0,15 segundos** como máximo.
- **Con corte breve:** alimentación automática disponible en **0,5 segundos** como máximo.
- **Con corte mediano:** alimentación automática disponible en **15 segundos** como máximo.
- **Con corte largo:** alimentación automática disponible en **mas de 15 segundos**.

2.1 Generalidades y fuentes de alimentación

Para los servicios de seguridad la fuente de energía debe ser elegida de forma que la alimentación esté asegurada durante un tiempo apropiado.

Para que los servicios de seguridad funcionen en caso de incendio, los equipos y materiales utilizados deben presentar, por construcción o por instalación, una **resistencia al fuego** de duración apropiada.

Se elegirán preferentemente medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático al primer defecto. En el esquema IT debe preverse un controlador permanente de aislamiento que al primer defecto emita una señal acústica o visual.

Los equipos y materiales deberán disponerse **de forma que se facilite su verificación periódica**, ensayos y mantenimiento.

Se pueden utilizar las siguientes fuentes de alimentación:

- **Baterías de acumuladores**. Generalmente tas baterías de arranque de los vehículos no satisfacen las prescripciones de alimentación para los servicios de seguridad
- **Generadores independientes**
- Derivaciones separadas de la red de distribución, efectivamente independientes de la alimentación normal

Las fuentes para servicios para servicios complementarios o de seguridad deben estar instaladas en lugar fijo y de forma que no puedan ser afectadas por el fallo de la fuente normal. Además, con excepción de los equipos autónomos, deberán cumplir las siguientes condiciones:

- se instalarán en emplazamiento apropiado, accesible **solamente a las personas cualificadas o expertas.**
- el emplazamiento **estará convenientemente ventilado**, de forma que los gases y los humos que produzcan no puedan propagarse en los locales accesibles a las personas.
- no se admiten derivaciones separadas, independientes y alimentadas por una red de distribución pública, salvo si se asegura que las dos derivaciones no puedan fallar simultáneamente.

- cuando exista una sola fuente para los servicios de seguridad, ésta no debe ser utilizada para otros usos. Sin embargo, cuando se dispone de varias fuentes, pueden utilizarse igualmente como fuentes de reemplazamiento, con la condición, de que en caso de fallo de una de ellas, la potencia todavía disponible sea suficiente para garantizar la puesta en funcionamiento de todos los servicios de seguridad, siendo necesario generalmente, el corte automático de los equipos no concernientes a la seguridad.

2.2 Fuentes propias de energía

Fuente propia de energía es la que esta constituida por **baterías de acumuladores**, **aparatos autónomos** o **grupos electrógenos**.

La puesta en funcionamiento se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la Empresa o Empresas distribuidoras de energía eléctrica, o **cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal**.

La capacidad mínima de una fuente propia de energía será, como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de seguridad en las condiciones señaladas en el apartado 3.1. de esta instrucción.

2.3 Suministros complementarios o de seguridad

Todos los locales de pública concurrencia deberán disponer de alumbrado de emergencia.

Deberán disponer de **suministro de socorro** los locales de espectáculos y actividades recreativas cualquiera que sea su ocupación y los locales de reunión, trabajo y usos sanitarios con una ocupación prevista de **más de 300 personas**.

Deberán disponer de **suministro de reserva**:

- Hospitales, clínicas, sanatorios, ambulatorios y centros de salud
- Estaciones de viajeros y aeropuertos
- Estacionamientos subterráneos para **más de 100 vehículos**
- Establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de **más de 2.000 m^2 de superficie**
- Estadios y pabellones deportivos

Cuando un local se pueda considerar tanto en el grupo de locales. que requieren suministro de socorro como en el grupo que requieren suministro de reserva, se instalará suministro de reserva

En aquellos locales singulares, tales como los establecimientos sanitarios, grandes **hoteles de más de 300 habitaciones**, locales de **espectáculos con capacidad para mas de 1.000 espectadores**, estaciones de viajeros, **estacionamientos subterráneos con más de 100 plazas**, aeropuertos y **establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de más de 2.000 m^2** de superficie, las fuentes propias de energía deberán poder suministrar, con independencia de los alumbrados especiales, la potencia necesaria para atender servicios urgentes indispensables cuando sean requeridos por la autoridad competente.

3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Las instalaciones destinadas a **alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas**, para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen.

La alimentación del alumbrado de emergencia será **automática con corte breve**.

Se incluyen dentro de este alumbrado el **alumbrado de seguridad y el alumbrado de reemplazamiento**.

3.1 Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para **entrar en funcionamiento automáticamente** cuando se produce el fallo del alumbrado general o **cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.**

La instalación de este alumbrado será **fija y estará provista de fuentes propias de energía**. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores aparatos autónomos automáticos.

3.1.1 Alumbrado de evacuación.

Es la parte del **alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación** cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, **una iluminancia horizontal mínima de 1 lux.**

En los puntos en los **que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios** que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, **la iluminancia mínima será de 5 lux.**

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo **durante una hora**, proporcionando la iluminancia prevista.

3.1.2 Alumbrado ambiente o anti-pánico

Es la **parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico** y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que **permita a los ocupantes identificar y acceder alas rutas de evacuación e identificar obstáculos.**

El alumbrado ambiente o anti-pánico debe proporcionar una **iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux** en todo el espacio considerado, desde el suelo **hasta una altura de 1 m**

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.

El alumbrado ambiente o anti-pánico deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, **como mínimo durante una hora**, proporcionando la iluminancia prevista.

3.1.3 Alumbrado de zonas de alto riesgo

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso. Permite la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros ocupantes del local.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo debe proporcionar una iluminancia mínima de **15 lux o el 10% de la iluminancia normal**, tomando siempre el mayor de los valores.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 10.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo **el tiempo necesario para abandonar la actividad o zona de alto riesgo.**

3.2 Alumbrado de reemplazamiento

Parte del alumbrado de emergencia que permite la continuidad de las actividades normales.

Cuando el alumbrado de reemplazamiento proporcione una iluminancia inferior al alumbrado normal, se usará únicamente para terminar el trabajo con seguridad.

3.3 Lugares en que deberán instalarse alumbrado de emergencia

3.3.1 Con alumbrado de seguridad

Es obligatorio situar el alumbrado de seguridad en las siguientes zonas de los locales de pública concurrencia:

a) en todos los recintos cuya ocupación sea **mayor de 100 personas**

b) los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a usos residencial u hospitalario y los de zonas destinadas a cualquier otro uso que estén previstos para la evacuación de **más de 100 personas**.

c) en los aseos generales de planta en edilicios de acceso público.

d) en los estacionamientos cerrados y cubiertos para **más de 5 vehículos**, incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.

e) en los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.

f) en las salidas de emergencia y en las señales de seguridad reglamentarias.

g) en todo cambió de dirección de la ruta de evacuación.

h) en toda intersección de pasillos con las rutas de evacuación.

i) en el exterior del edificio, en la vecindad inmediata a la salida

j) cerca (1) de las escaleras, de manera que cada tramo de escaleras reciba una iluminación directa.

k) cerca (1) de cada cambio de nivel.

l) cerca (1) de cada puesto de primeros auxilios.

m) cerca (1) de cada equipo manual destinado a la prevención y extinción de incendios.

n) en los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente

(1) **Cerca significa a una distancia inferior a 2 metros**, medida horizontalmente

En las zonas incluidas en los apartados m) y n), el alumbrado de seguridad proporcionará una iluminancia mínima de **5 lux** al nivel de operación.

Solo se instalará alumbrado, de seguridad para zonas de alto riesgo, en las zonas que así lo requieran, según lo establecido en 3.1.3.

También será necesario instalar alumbrado de evacuación, aunque no sea un local de pública concurrencia, **en todas las escaleras de incendios**, en particular toda escalera de evacuación de **edificios para uso de viviendas** excepto las unifamiliares; así como toda zona clasificada como de riesgo especial en el Artículo 19 de la Norma Básica de Edificación NBE-CPI-96

3.3.2 Con alumbrado de reemplazamiento

En las zonas de hospitalización, la instalación de alumbrado de emergencia proporcionará una iluminancia no inferior de **5 lux y durante 2 horas como mínimo**. Las salas de intervención, las destinadas a tratamiento intensivo, las salas de curas, paritorios, urgencias dispondrán de un alumbrado de reemplazamiento que proporcionará un nivel de iluminancia **igual al del alumbrado normal durante 2 horas como mínimo**.

3.4 Prescripciones de los aparatos para alumbrado de emergencia

3.4.1 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente en la que todos los elementos, tales como la batería, la lámpara, el conjunto de mando y los dispositivos de verificación y control, si existen, están contenidos dentro de la luminaria o a una distancia inferior a 1 m de ella.

Los aparatos autónomos destinados a alumbrado de emergencia deberán cumplir las normas UNE-EN 60.598 -2 -22 y la norma UNE 20.392 o UNE 20.062 según sea la luminaria para lamparas fluorescentes o incandescentes, respectivamente.

3.4.2 Luminaria alimentada con fuente central

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente y que está alimentada, a partir de un sistema de alimentación de emergencia central, es decir, no incorporado en la luminaria.

Las luminarias que actúan como aparatos de emergencia alimentados por fuente central deberán cumplir lo expuesto en la UNE-EN 60.598 -2-22.

Los distintos aparatos de control, mando y protección generales para las instalaciones del alumbrado de emergencia por fuente central entre los que figurará **un voltímetro** de clase 2,5 por lo menos, se dispondrán en **un cuadro único**, situado **fuera de la posible intervención del público**.

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central, estarán protegidas por **interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 A como máximo**. Una misma línea **no podrá alimentar más de 12 puntos de luz** o, si en la dependencia o local considerado existiesen varios puntos de luz para, alumbrado de emergencia, éstos **deberán ser repartidos, al menos, entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a doce.**

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central se dispondrán, cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, **a 5 cm como mínimo, de otras canalizaciones eléctricas** y, cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de éstas por tabiques incombustibles no metálicos.

4. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

Las instalaciones en los locales de pública concurrencia, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan.

a) **El cuadro general de distribución** deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual y se colocará junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección establecidos en la instrucción ITC-BT-17. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un dispositivo de mando y protección.

   Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. **Los aparatos receptores que consuman más de 16 amperios se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.**

b) **El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios**, se instalarán **en lugares a los que no tenga acceso el público** y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre antes del cuadro general.

c) **En el cuadro general de distribución o en los secundarios** se dispondrán dispositivos de **mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución** y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.

d) En las instalaciones para alumbrado de **locales o dependencias donde se reúna público, el número de lineas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas** en los ocales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas lineas. Cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos, y si procede contra contactos indirectos.

e) Las canalizaciones deben realizarse según lo dispuesto en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20 y estarán constituidas por:

- Conductores aislados, de **tensión asignada no inferior a 450/750 V**, colocados **bajo tubos o canales protectores**, preferentemente **empotrados en especial en las zonas accesibles al público.**

- Conductores aislados, de tensión asignada no inferior a **450/750 V**, con cubierta de protección, colocados **en huecos de la construcción totalmente construidos en materiales incombustibles de resistencia al fuego RF-120, como mínimo.**

- Conductores **rigidos aislados, de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV**, armados, colocados directamente sobre las paredes.

f) Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, serán **no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida**. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 o 5; o a la norma UNE 21.1002 (según la tensión asignada del cable), cumplen con esta prescripción.

Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como "no propagadores de la llama" de acuerdo con las normas UNE-EN 50.085 -1 y UNE-EN 50.086 -1, cumplen con esta prescripción.

Los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad no autónomos o a circuitos de servicios como fuentes autónomas centralizadas, deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE-EN 50.200 y tendrán emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE-EN 21.123 partes 4 o 5, apartado 3.4.6, cumplen con la prescripción de emisión de humos y opacidad reducida.

g) **Las fuentes propias de energia de corriente alterna a 50 Hz, no podrán dar tensión de retorno a la acometida o acometidas de la red de Baja Tensión pública** que alimenten al local de pública concurrencia.

h) PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE ESPECTÁCULOS Y ACTIVIDADES RECREATIVAS

Además de las prescripciones generales señaladas en el capítulo anterior, se cumplirán en los locales de espectáculos las siguientes prescripciones complementarias:

a) A partir del cuadro general de distribución se instalarán **líneas distribuidoras generales**, accionadas por medio de **interruptores omnipolares** con la debida protección al menos, para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:

- Sala de público
- Vestíbulo, escaleras y pasillos de acceso a la sala desde la calle, y dependencias anexas a ellos.
- Escenario y dependencias anexas a él, tales como camerinos, pasillos de acceso a éstos, almacenes, etc.
- Cabinas cinematográficas o de proyectores para alumbrado.

Cada uno de los grupos señalados dispondrá de su correspondiente cuadro secundario de distribución, que deberá contener todos los dispositivos de protección. En otros cuadros se ubicarán los interruptores, conmutadores, combinadores, etc. que sean precisos para las distintas líneas, baterías, combinaciones de luz y demás efectos obtenidos en escena.

b) En las cabinas cinematográficas y en los escenarios así como en los almacenes y talleres anexos a éstos, se utilizarán únicamente canalizaciones constituidas por conductores aislados, de tensión asignada **no inferior a 450/750 V**, colocados **bajo tubos o canales protectores**, preferentemente empotrados. Los dispositivos de protección contra sobreintensidades estarán constituidos siempre por **interruptores automáticos magnetotérmicos**; las canalizaciones móviles estarán constituidas por conductores con **aislamiento del tipo doble o reforzado** y los receptores portátiles tendrán un aislamiento de la **clase II**.

c) **Los cuadros secundarios de distribución deberán estar colocados en locales independientes o en el interior de un recinto construido con material no combustible.**

d) Será posible cortar, **mediante interruptores omnipolares, cada una de las instalaciones eléctricas correspondientes a:**

Camerinos

Almacenes

Talleres

Otros locales con peligro de incendio

Los reóstatos, resistencias y receptores móviles el equipo escénico.

e) Las resistencias empleadas para efectos o juegos de luz o para otros usos, estarán montadas a suficiente distancia de los telones, bambalinas y demás material del decorado y protegidas suficientemente para que una anomalía en su funcionamiento no pueda producir daños. **Estas precauciones se hacen extensivas a cuantos dispositivos eléctricos se utilicen y especialmente a las linternas de proyección y a las lámparas de arco de las mismas.**

f) El **alumbrado general deberá ser completado por un alumbrado de evacuación**, conforme a las disposiciones del apartado 3.1.1, el cual funcionará permanentemente durante el espectáculo y hasta que el local sea evacuado por el público.

g) Se instalará iluminación de balizamiento **en cada uno de los peldaños o rampas con una inclinación superior al 8%** del local con la suficiente intensidad para que puedan iluminar la huella. En el caso de pilotos de balizado, se instalará a razón de **1 por cada metro lineal de la anchura** o fracción. La instalación de balizamiento debe estar construida de forma que el paso de alerta al de funcionamiento de emergencia se produzca cuando el valor de la tensión de alimentación descienda por debajo del 70% de su valor nominal.

6. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE REUNIÓN Y TRABAJO

Además de las prescripciones generales señaladas en el capítulo 5, se cumplirán en los locales de reunión las siguientes prescripciones complementarias:

- A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores omnipolares, al menos para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:

  Salas de venta o reunión, por planta del edificio

  Escaparates

  Almacenes

  Talleres

  Pasillos, escaleras y vestíbulos

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

ITC-BT-18

ÍNDICE

1. OBJETO
2. PUESTA O CONEXIÓN A TIERRA. DEFINICIÓN
3. UNIONES A TIERRA DEFINICIÓN
   - 3.1 Tomas de tierra
   - 3.2 Conductores de tierra
   - 3.3 Bornes de puesta a tierra
   - 3.4 Conductores de protección
2. PUESTA A TIERRA POR RAZONES DE PROTECCIÓN
   - 2.1 Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto
3. PUESTA A TIERRA POR RAZONES FUNCIONALES
4. PUESTA A TIERRA POR RAZONES COMBINADAS DE PROTECCIÓN Y FUNCIONALES
5. CONDUCTORES CPN (TAMBIÉN DENOMINADOS PEN)
6. CONDUCTORES DE EQUIPOTENCIALIDAD
7. RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA
8. TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES
9. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
10. REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA

1. OBJETO

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Cuando otras instrucciones técnicas prescriban como obligatoria la puesta a tierra de algún elemento o parte de la instalación, dichas puestas a tierra se regirán por el contenido de la presente instrucción.

2. PUESTA O CONEXIÓN A TIERRA. DEFINICIÓN

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

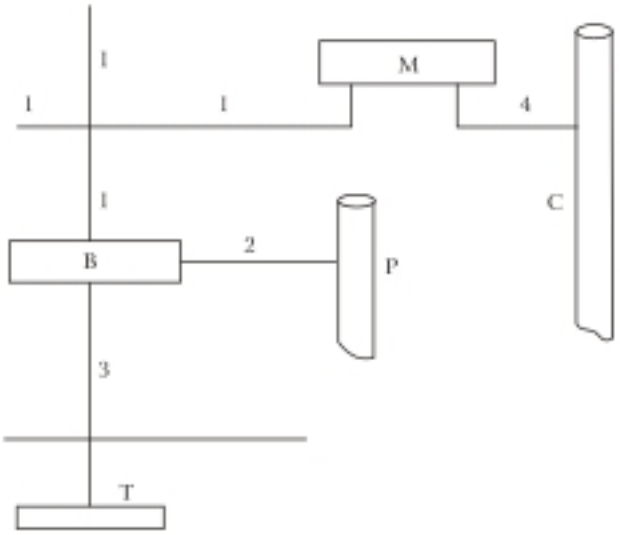
3. UNIONES A TIERRA

Las disposiciones de puesta a tierra pueden ser utilizadas a la vez o separadamente, por razones de protección o razones funcionales, según las prescripciones de la instalación.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

En la figura 1 se indican las partes típicas de una instalación de puesta a tierra:



Leyenda

1 Conductor de protección.

2 Conductor de unión equipotencial principal.

3 Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra

4 Conductor de equipotencialidad suplementaria

B Borne principal de tierra

M Masa

C Elemento conductor.

P Canalización metálica principal de agua

T Toma de tierra.

Figura 1. Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra

3.1 Tomas de tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos:
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación

Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.

Las envolventes de plomo y otras envolventes de cables que no sean susceptibles de deterioro debido a una corrosión excesiva, pueden ser utilizadas como toma de tierra, previa autorización del propietario, tornando las precauciones debidas para que el usuario de la instalación eléctrica sea advertido de los cambios del cable que podría afectar a sus características de puesta a tierra.

3.2 Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra tienen que satisfacer las prescripciones del apartado 3.4 de esta Instrucción y, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la tabla 1. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tabla 1. Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm^2 Cobre 16 mm^2 Acero Galvanizado
No protegido Contra la corrosión	25 mm^2 Cobre 50 mm^2 Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

3.3 Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

– Los conductores de tierra.
– Los conductores de protección.
– Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

3.4 Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

En otros casos reciben igualmente, el nombre de conductores de protección, aquellos conductores que unen las masas:

- al neutro de la red,
- a un relé de protección.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 2, o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la Norma UNE 20.460 -5-54 apartado 543.1.1.

Tabla 2. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

Sección de los conductores fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm^2)
S # 16	$S_p = S$
16 < S # 35	$S_p = 16$
S > 35	$S_p = S/2$

Si la aplicación de la tabla conduce a valores no normalizados, se han de utilizar conductores que tengan la sección normalizada superior más próxima.

Los, valores de la tabla 2 solo son válidos en el caso de que los conductores de protección hayan sido fabricados del mismo material que los conductores activos; de no ser así, las secciones de los conductores de protección se determinarán de forma que presenten una conductividad equivalente a la que resulta aplicando la tabla 2.

En todos los casos los conductores, de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm^2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm^2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Cuando el conductor de protección sea común a varios circuitos, la sección de ese conductor debe dimensionarse en función de la mayor sección de los conductores de fase.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- conductores separados desnudos o aislados.

Cuando la instalación consta de partes de envolventes de conjuntos montadas en fábrica o de canalizaciones prefabricadas con envolvente metálica, estas envolventes pueden ser utilizadas como conductores de protección si satisfacen, simultáneamente, las tres condiciones siguientes:

a) Su continuidad eléctrica debe ser tal que no resulte afectada por deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.

b) Su conductibilidad debe ser, como mínimo, igual a la que resulta por la, aplicación del presente apartado.

c) Deben permitir la conexión de otros conductores de protección en toda derivación predeterminada.

La cubierta exterior de los cables con aislamiento mineral, puede utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, si satisfacen simultáneamente las condiciones a) y b) anteriores. Otros conductos (agua, gas u otros tipos) o estructuras metálicas, no pueden utilizarse como conductores de protección (CP o CPN).

Los conductores de protección deben estar convenientemente protegidos contra deterioros mecánicos, químicos y electroquímicos y contra los esfuerzos electrodinámicos.

Las conexiones deben ser accesibles para la verificación y ensayos, excepto en el caso de las efectuadas en cajas selladas con material de relleno o en cajas no desmontables con juntas estancas.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección, aunque para los ensayos podrán utilizarse conexiones desmontables mediante útiles adecuados.

Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección, con excepción de las envolventes montadas en fábrica o canalizaciones prefabricadas mencionadas anteriormente.

4. PUESTA A TIERRA POR RAZONES DE PROTECCIÓN

Para las medidas de protección en los esquemas TN, TT e IT, ver la ICT-BT-24.

Cuando se utilicen dispositivos de protección contra sobreintensidades para la protección contra el choque eléctrico, será preceptiva la incorporación del conductor de protección en la misma canalización que los conductores activos o en su proximidad inmediata.

4.1 Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto.

La toma de tierra auxiliar del dispositivo debe ser eléctricamente independiente de todos los elementos metálicos puestos a tierra, tales como elementos de construcciones metálicas, conducciones metálicas, cubiertas metálicas de cables. Esta condición se considera como cumplida si la toma de tierra auxiliar se instala a una distancia suficiente de todo elemento metálico puesto a tierra, tal que quede fuera de la zona de influencia de la puesta a tierra principal.

La unión a esta toma de tierra debe estar aislada, con el fin de evitar todo contacto con el conductor de protección o cualquier elemento que pueda estar conectados a él.

El conductor de protección no debe estar unido más que a las masas de aquellos equipos eléctricos cuya alimentación pueda ser interrumpida cuando el dispositivo de protección funcione en las condiciones de defecto.

5. PUESTA A TIERRA POR RAZONES FUNCIONALES

Las puestas a tierra por razones funcionales deben ser realizadas de forma que aseguren el funcionamiento correcto del equipo y permitan un funcionamiento correcto y fiable de la instalación.

6. PUESTA A TIERRA POR RAZONES COMBINADAS DE PROTECCIÓN Y FUNCIONALES

Cuando la puesta a tierra sea necesaria a la vez por razones de protección y funcionales, prevalecerán las prescripciones de las medidas de protección.

7. CONDUCTORES CPN (TAMBIÉN DENOMINADOS PEN)

En el esquema TN, cuando en las instalaciones fijas el conductor de protección tenga una sección al menos igual a 10 mm^2, en cobre o aluminio, las funciones de conductor de protección y de conductor neutro pueden ser combinadas, a condición de que la parte de la instalación común no se encuentre protegida por un dispositivo de protección de corriente diferencial residual.

Sin embargo, la sección de mínima de un conductor CPN puede ser de 4 mm^2, a condición de que el cable sea de cobre y del tipo concéntrico y que las conexiones que aseguran la continuidad estén duplicadas en todos los puntos de conexión sobre el conductor externo. El conductor CPN concéntrico debe utilizarse a partir del transformador y debe limitarse a aquellas instalaciones en las que se utilicen accesorios concebidos para este fin.

El conductor CPN debe estar aislado para la tensión más elevada a la que puede estar sometido, con el fin de evitar las corriente de fuga.

El conductor CPN no tiene necesidad de estar aislado en el interior de los aparatos.

Si a partir de un punto cualquiera de la instalación, el conductor neutro y el conductor de protección están separados, no estará permitido conectarlos entre sí en la continuación del circuito por detrás de este punto. En el punto de separación, deben preverse bornes o barras separadas para el conductor de protección y para el conductor neutro. El conductor CPN debe estar unido al borne o a la barra prevista para el conductor de protección.

8. CONDUCTORES DE EQUIPOTENCIALIDAD

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm^2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm^2, si es de cobre.

Si el conductor suplementario de equipotencialidad uniera una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

9. RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor

- 50 V en los de, más casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

La tabla 3 muestra, a título de orientación, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos. Con objeto de obtener una primera aproximación de la resistencia a tierra, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medios indicados en la tabla 4.

Tabla 3. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Lino	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 10
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.000
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 4. Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno.

Aunque los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia a tierra del electrodo, la medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir, aplicando las fórmulas dadas en la tabla 5, estimar el valor medio local de la resistividad del terreno. El conocimiento de este valor puede ser útil para trabajos posteriores efectuados, en condiciones análogas

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad Ohm.m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Tabla 5. Fórmulas para estimar la resistencia de terreno en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	R = 0,8 ρ/P
Pica vertical	R = ρ/L
Conductor enterrado horizontalmente	R = 2 ρ/L
ρ, resistividad del terreno (Ohm.m) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

10. TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

11. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia del punto 10, entre las puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización dé agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.

b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (<100 ohmios.m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia se calculará, aplicando la fórmula:

$$D = \frac{\rho}{I_d . \pi}$$

siendo:

D: distancia entre electrodos, en metros
ρ: resistividad media del terreno en ohmios.metro
I_d: intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica

u) 1200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. Para redes TN, U será inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible de la instalación definida en el punto 1.1 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si esta contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (I_d) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($V_d = I_d * R_t$) sea menor que la tensión de contacto máximo aplicada, definida en el punto 11 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

12. REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté mas seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

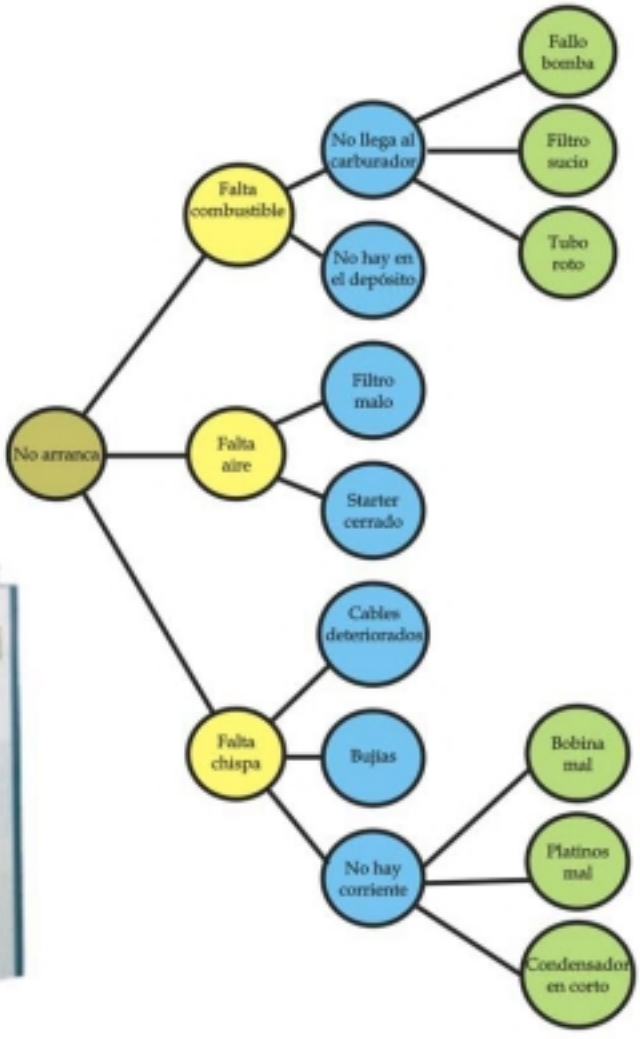
En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual
Electricidad industrial
Módulo 3
Máquinas eléctricas

Tema 8

Mantenimiento global
Actualización del historial de mantenimiento



Tema 8
MANTENIMIENTO GLOBAL
Actualización del historial de mantenimiento

Índice

1. Mantenimiento 1
2. Documentación técnica 1
3. Historial del Mantenimiento 4
4. Modificaciones 4
5. Reparaciones 4
6. Paradas y horas de funcionamiento 4
7. Actualizaciones 5
8. Función del Mantenimiento 5
9. Responsabilidad del mantenimiento 8
10. Mantenimiento preventivo 11
11. Mantenimiento correctivo 11
12. Responsabilidades por niveles 12
13. Procedimientos de búsqueda de averías 13
14. Elaboración de un plan de búsqueda de averías 14
15. Confección de la ficha de mantenimiento 16
16. Fichas de operaciones 16
17. Análisis de averías 16
18. Elaboración de informes 17
19. Informes sobre operaciones de mantenimiento 17
20. Objetivos del grupo de fiabilización 18
21. Análisis y eliminación de las causas principales de fallo 20
22. Métodos de análisis de fallos 20
23. Análisis de diagrama de Paretto 20
24. Método analítico 22
25. Investigación metódica 22
26. Diagrama de árbol 23
27. Conclusión de los métodos analíticos 24
28 Informe sobre corrección de máquinas eléctricas 24
Anexo I 26
Anexo II 29

Tema 8

MANTENIMIENTO GLOBAL

Actualización del historial de mantenimiento

1. MANTENIMIENTO

En toda industria, en toda empresa, se producen desgaste de la maquinaria y de las instalaciones; aparecen zonas de aglomeración y el personal experimenta fatigas indebidas, **todo ello repercute en la elaboración del producto acabado** y en el encarecimiento, lo cual lleva a **pérdidas de competencia en el mercado**.

Para conseguir aumentar la productividad se tiene que racionalizar el proceso, estudiando la forma de mejorar y de **eliminar zonas poco eficaces**, persiguiendo conseguir una mayor economía, a base de **conservar la maquinaria en perfectas condiciones de funcionamiento.**

Por tanto, se entiende por **Mantenimiento Global**, las técnicas que aseguren **la correcta utilización de edificios**, **instalaciones** y el **continuo funcionamiento de la maquinaria productiva.**

2. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Para que un mantenimiento sea eficaz, es necesario disponer de los **máximos datos que pueda dar el fabricante**, cuando se decide la compra de un nuevo equipo se debe de exigir toda la documentación técnica que ayude a conocer la máquina como son:

- Como está constituido, forma de funcionamiento, características físicas, lo que denomina **Libro de características**.
- Conocer como funciona la maquinaria, tanto en condiciones normales como en casos excepcionales, que estará descrito en el **Libro de instrucciones de uso**.
- Saber como mantenerlo en buen funcionamiento, es decir, cómo realizar el Mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, se denomina **Libro de conservación**, y en este se hallan las instrucciones técnicas complementarias, planos de conjunto y despiece.
- Asegurar la **puesta a punto** y **puesta en marcha** y **preparación del utillaje**, **recambios**, lo que se conoce como **Libro de implantación y puesta a punto**.
- Por último para seguir los circuitos, ya sean neumáticos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos a través de esquemas recopilados en el **Libro de automatismos**.

Libro de características

Este libro contiene el conjunto de información necesaria para **conocer el equipo** particularmente en los siguientes puntos:

- T producción solicitada
- T operación a realizar
- T necesidades específicas para el funcionamiento (climatización, continuidad de suministro de energía, etc.)
- T Imperativos de seguridad
- T **características físicas**
- T descripción del equipo puesto por puesto
- T características de los elementos componentes
- T características generales
- T noticias del funcionamiento general
- T parámetros de fiabilidad, de mantenimiento y disponibilidad
- T condiciones técnicas y comerciales (garantía y repuestos)

Libro de instrucciones de uso

Permite saber cómo utilizar el equipo y contiene:

- T **Instrucciones de uso**
- T imperativos de funcionamiento
- T **imperativos de seguridad**
- T actuaciones rutinarias de puesta en marcha y rearme
- T modos de selección de los distintos programas
- T **programación de parámetros**
- T preparaciones y reglajes
- T instrucciones ante anomalías en el funcionamiento

Libro de Mantenimiento mecánico

En este libro han de estar todas las informaciones necesarias para mantener en buen estado el equipo, es decir, saber como realizar su Mantenimiento Mecánico Preventivo y Correctivo, donde se puede encontrar:

- **planos de conjuntos y su despiece**
- nomenclaturas de conjuntos y componentes
- Instrucciones técnicas complementarias de funcionamiento y de mantenimiento de útiles y equipos especiales complementarios.
- consignas de seguridad en la utilización y mantenimiento del equipo (en algunas ocasiones con anotaciones a mano)
- **listado de piezas de recambio**
- planes de Mantenimiento Preventivo
- **programas de Mantenimiento** Predictivo

Libro de implantación y puesta a punto

Este conjunto de informaciones debe permitir preparar y asegurar la puesta a punto del equipo donde se recopila:

- Planos de implantación que indiquen:
  - **Puntos de amarre, ejecución y fijación**
  - Dimensiones
  - **Disposición geográfica de los componentes**
  - Detalle de abatimiento de puertas
  - Espacios reservados para el acceso a los aparatos
- Planos de ejecución de obra civil para todos los elementos que necesite figurando:
  - **Trazado**
  - Emplazamiento
  - Dimensiones
- Necesidades detalladas del equipo (acometidas de las fuentes de energía, climatización, agua, desagües, etc.)
- Relación de herramientas, aparatos y útiles necesarios para el reglaje, preparación y puesta a punto, tanto generales con específicos.
- Instrucciones técnicas complementarias de funcionamiento de los equipos y aparatos auxiliares

- Planos de conjunto, despiece, esquemas y nomenclaturas de los útiles y aparatos específicos.
- Características de los fluidos recomendados
- Instrucciones para la prueba y regulación del equipo
- Consignas de seguridad
- Estudio de la calidad obtenida con el sistema a la recepción del fabricante

Libro de automatismos

Este libro permite seguir y comprender los circuitos:

- ☐ Neumáticos
- ☐ Hidráulicos
- ☐ Eléctricos
- ☐ Electrónicos

3. HISTORIAL DEL MANTENIMIENTO

Comprende todas las **incidencias que afectan a la conservación de la maquinaria**, como son las modificaciones las **reparaciones** de mantenimiento y de corrección así como las **horas de funcionamiento** y paradas por inactividad.

4. MODIFICACIONES

En el expediente de cada equipo existirá un apartado en el que figuren las **modificaciones que se vayan produciendo en el montaje** y construcción del equipo, documentando la aparición de cada una de ellas, con vista al historial del equipo.

5. REPARACIONES

A fin de determinar la fiabilidad y la calidad de una máquina, se anotarán las **fechas y causa de averías**, así como reposición de piezas de repuestos diferenciando las recomposiciones previstas en el libro de mantenimiento de las imprevistas, tiempo de **duración de la reparación** y tiempo de **tardanza del repuesto**.

6. PARADAS Y HORAS DE FUNCIONAMIENTO

La vida media de una máquina depende mucho de las horas de funcionamiento de la máquina, cada vez que se produce una incidencia sea de tipo preventivo o correctivo, además de anotarse la fecha **se debe de anotar las horas de funcionamiento**.

En raras ocasiones las máquinas son sometidas a periodos de inactividad, **cuando las paradas son muy prolongadas las máquinas se deterioran tanto o más como si estuvieran sometidas a sobrecargas**, particularmente oxidaciones y agarrotamientos, para evitar estos inconvenientes **se recomienda someter la maquinaria a funcionamiento preventivo con anotación del tiempo (entre una hora o dos)** y de las indicaciones de todos los medidores de control, así como las observaciones que se consideren dignas de atención.

7. ACTUALIZACIÓN

Todo libro de mantenimiento debe de tener hojas suficiente para ir agregando los datos que se deriven de cada incidencia, caso de completarse las hojas que se agreguen **deberán de estar debidamente numeradas**.

Por **cada nueva anotación deberá de aparecer el nombre de la persona que hace la anotación**, o una clave de número que lo identifique, **pero no la rúbrica**, ya que esta no es suficiente para identificar al autor de la anotación.

Cuando las reparaciones las hacen personal ajeno a la empresa, **se indica que empresa hizo las reparaciones**, con especificación del domicilio y cuanto tiempo se empleó en solucionarlo. Si ha sido requerido el servicio de una agencia de transporte, también se hará constar esta circunstancia, y si hizo falta el empleo de grúa y **todo lo concerniente a la incidencia y sus repercusiones que sean de interés.**

Todas **las incidencias se utilizan para la confección de estadísticas cálculos de costes y rendimientos**, y estos datos sirven como prevención de costes y futuras actuaciones así como la conveniencia de prever la sustitución incluso de toda la maquinaria por otra más moderna, o la conveniencia de conservarla o modificaciones de modernización **para aumentar el rendimiento sin elevar los costes de la materia fabricada**.

8. FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Para lograr que una empresa logre la producción prevista, las máquinas y equipos han de hallarse sometidas a **un buen programa de mantenimiento**, que permita lograr las **mejores condiciones de *funcionamiento continuo***. En muchas empresas existen importantes fallos en los proyectos de construcción, montaje y utilización, lo que produce pérdidas de producción muy elevadas en los primeros meses de utilización, así como elevados costes de mantenimiento desequilibrando el coste ideal del ciclo de vida de los equipos.

Por otra parte, los grandes avances de la industria se aplican con mayor prontitud a los sistemas productivos volviéndose cada día mas sofisticada, por lo que debe hacerse los esfuerzos necesarios que satisfagan las necesidades de fabricación y mantenimiento, **reduciendo los costes y mejorando la productividad y la calidad**.

Es necesario tener una estrategia de relaciones y responsabilidades de todos los interventores implicados en la adquisición, construcción, utilización y explotación y mantenimiento del sistema de producción. En los diagramas 1 al 3 se muestra la relación que existe entre los interventores en un proyecto industrial. El proyecto industrial se lleva a cabo en tres etapas:

Etapa1ª Relaciones antes de definir el proyecto (figura 1)

Etapa2ª Acciones al comprar, construir y recepcionar la nueva maquinaria (figura 2).

Etapa3ª Seguimiento del proyecto, tras la puesta en producción (figura 3).

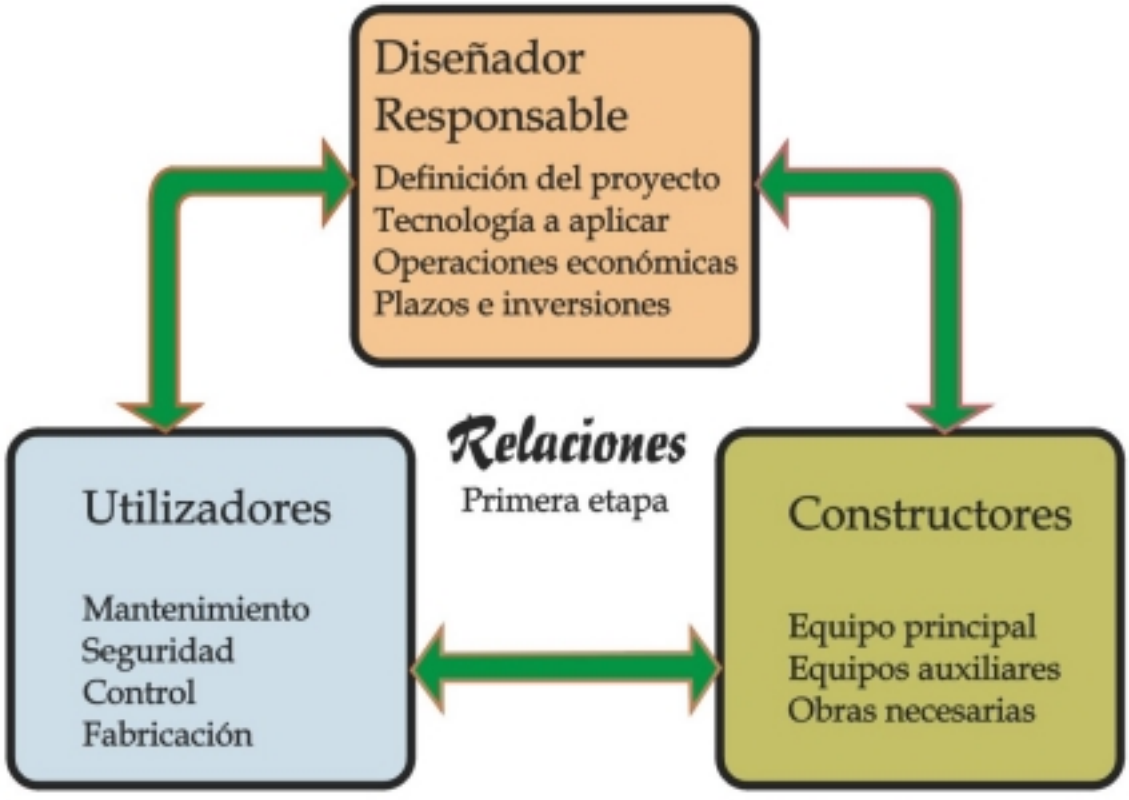


Figura 1 PROYECTO INDUSTRIAL, PRIMERA FASE

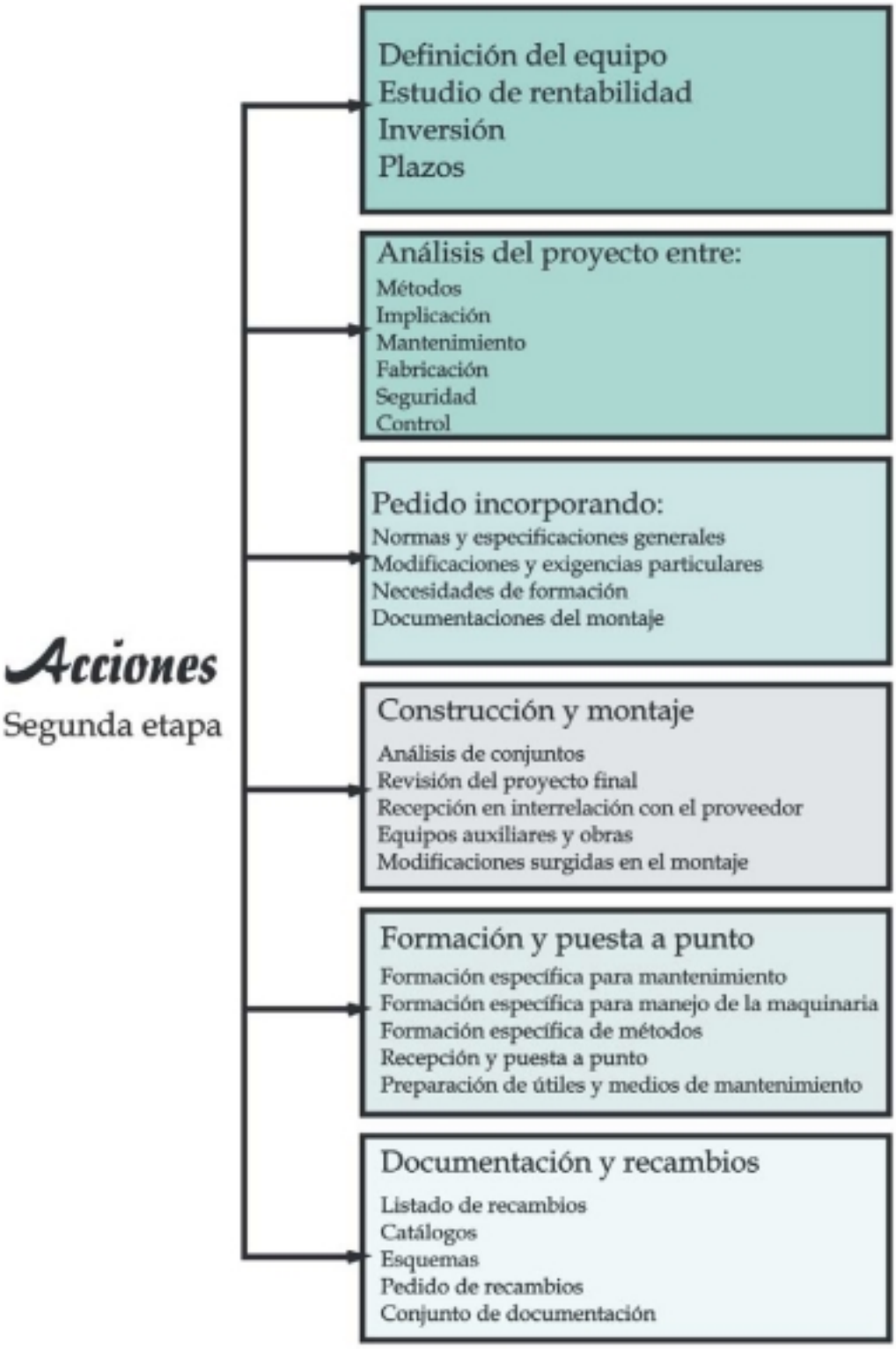


Figura 2 PROYECTO INDUSTRIAL, SEGUNDA FASE

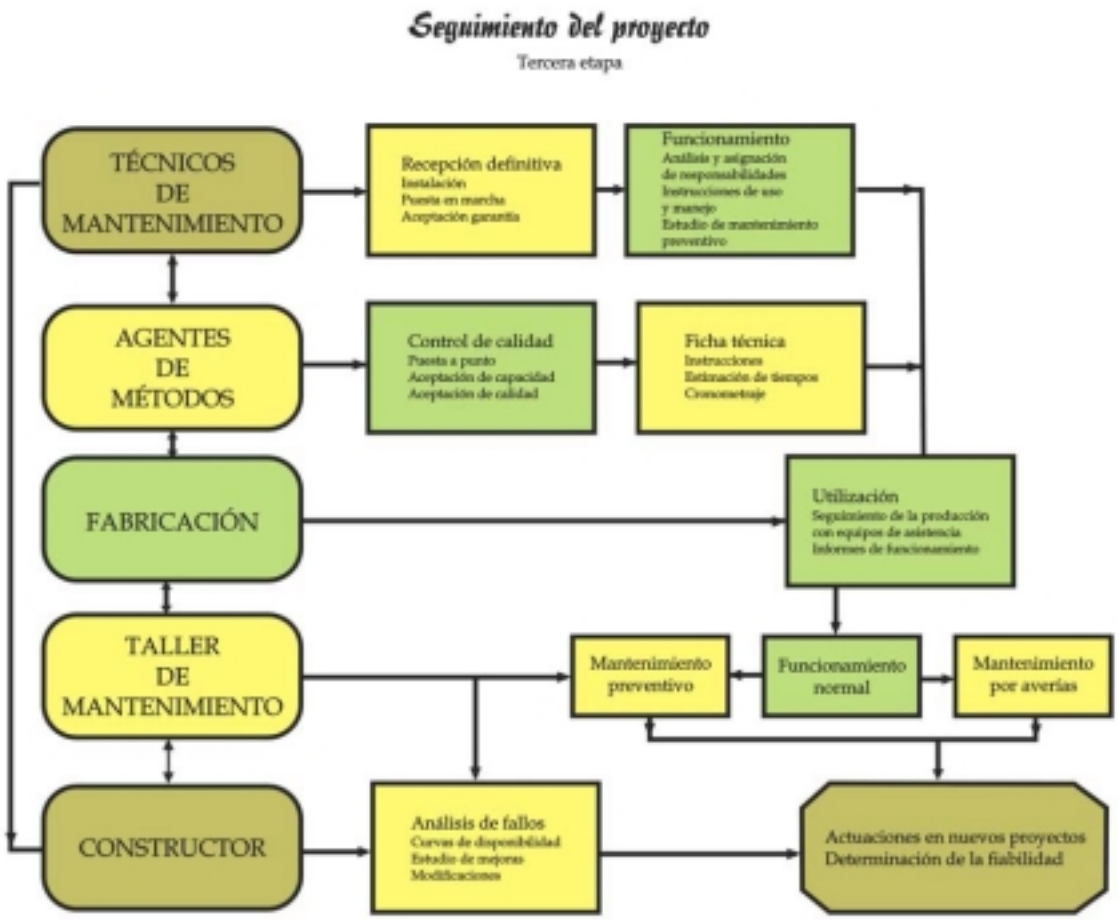


Figura 3 PROYECTO INDUSTRIAL, TERCERA FASE

9. RESPONSABILIDAD DEL MANTENIMIENTO

La responsabilidad del mantenimiento **comienza desde el momento mismo de concebirse un proyecto industrial, interviene en el montaje y continúa cuando ya el proyecto se ha convertido en realidad**, contribuyendo de forma activa en la conservación de la maquinaria.

Durante el proceso de relaciones técnicas para elaborar el proyecto industrial el responsable de mantenimiento, recibe información y aportas las ideas que contribuyan al mejor resultado, especificando los puntos concretos que le interesa conocer de la nueva maquinaria, como son las características técnicas, físicas, y servidumbres. **Con estos datos realizará cálculos de costos y de plazos de realización.**

Decidida la realización del proyecto los responsables de mantenimiento llevarán a cabo las siguientes actuaciones:

- Analizar el funcionamiento de la nueva maquinaria y sacar consecuencias de actuación durante el montaje
- Planificar que clase de personal y cada cuanto tiempo debe actuar el servicio de mantenimiento en la etapa de montaje.
- Preparar mediante cursos formativos al personal de mantenimiento, adaptándolo a las nuevas tecnologías para cuando la maquinaria comience a producir.
- Durante todo el tiempo que dure el montaje, estar presente y anotar cada modificación con acotaciones y observaciones de interés.
- Acumular la mayor información posible sobre cada parte de la maquinaria, así como la de los accesorios que no formando parte de la máquina son necesarios para su funcionamiento.
- Reunir todas la garantías, anotando fechas de caducidad y planificando revisiones para antes de la caducidad de las garantías.
- De acuerdo con el libro del fabricante, formar un almacén de repuestos de las piezas que se prevé su deterioro.
- Planificar de acuerdo con el calendario laboral y las horas de funcionamiento, los días de actuación del mantenimiento preventivo.
- Prever el herramental necesario para llevar a cabo el mantenimiento, y en su caso, la ropa de trabajo adecuada.
- Confeccionar normas de seguridad para la actuación del personal de mantenimiento.
- Realizar las obras de adaptación de alumbrado natural y artificial, ventilación y facilidad de tránsito.
- Recepcionar todos los esquemas de funcionamiento de la maquinaria y realizar los correspondientes a la instalación de adaptación, señalando secciones, diámetros, y longitudes, así como profundidad de los anclajes y todo lo que esté enterrado y no sea visible.
- Prever cuanto personal es necesario y cuantos equipos ha de formarse, y designar jefes de equipos en caso necesario.
- Enseñar mediantes cursos formativos, para que el personal de mantenimiento pueda desempeñar diversos oficios con relación a su aplicación en el mantenimiento de la maquinaria y de la instalación.

Tras la puesta en funcionamiento, iniciar el proceso de seguimiento del proyecto de fabricación, realizando las operaciones previstas en el plan de mantenimiento tras el inicio de la fabricación del producto.

En esta última fase, se presentará dos tipos de acciones: las planificadas según el plan de mantenimiento, y las imprevistas por roturas, o cualquier otro motivo de avería, como fallos eléctricos, de desgastes o de uso inadecuado, que también puede ser de sobrecarga o exceso de exigencia.

En la figura 4 se muestra la estructura de un mantenimiento

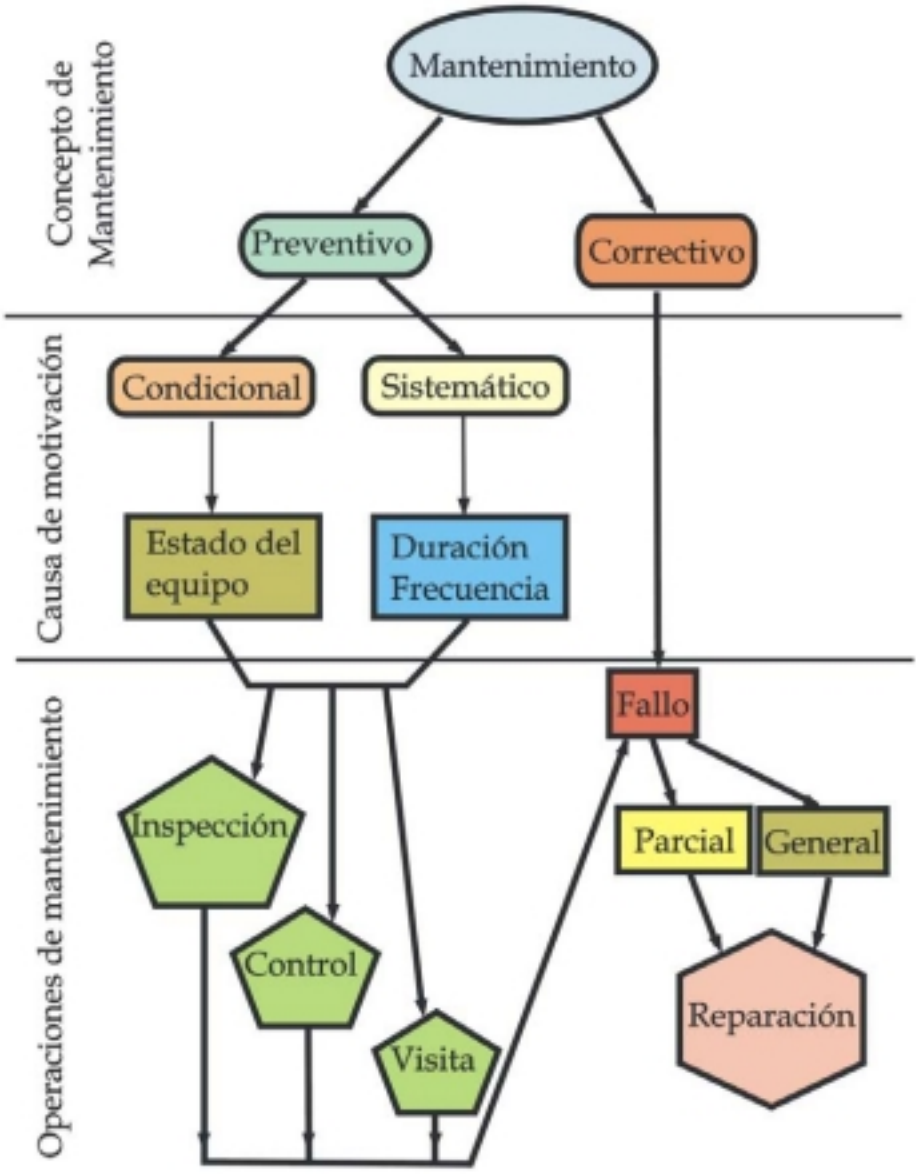


FIGURA 4 CONCEPTO BÁSICO DE MANTENIMIENTO

10. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se realiza dé acuerdo con el plan previsto y tiene por objeto reparar antes de producirse las averías, es lo que se llama un **mantenimiento sistemático**, durante el cual se sustituyen las piezas que han cumplido sus horas de funcionamiento, evitando que lleguen a dejar de funcionar por desgaste o rotura. El **mantenimiento sistemático** se realiza con la frecuencia marcada por el fabricante o deducida por la práctica y la experiencia del equipo.

El mantenimiento preventivo también puede ser **condicional** para verificar el **estado general del equipo** sin atenerse a horas de trabajo, bien por iniciativa del *servicio de mantenimiento*, bien por sugerencia del servicio de *control de calidad* o el servicio de *seguridad*.

Tras **un mantenimiento preventivo sistemático**, o condicional, se determina el estado general del equipo deduciendo *en caso detectarse fallos*, si ha de producirse una intervención correctiva inmediata o próxima.

El conocimiento del **estado general** de la maquinaria y equipos se adquiere por las **visitas periódicas** realizadas, para comprobar y observar si todo funciona correctamente, inspeccionado cada pieza ya sea en funcionamiento o cuando sea factible desmontando subconjuntos y verificandolos en bancos de prueba. También se adquiere estre conocimiento con **inspecciones periódicas**, donde se verifican holguras y se realizan comprobaciones de los engrasadores antes de engrasar y posteriormente, se procede a engrasar, también se comprueban de los niveles e incluso el estado de limpieza y de la pintura. Otro tipo de inspecciones periódica son los **controles**, que se llevan a cabo verificando tiempos y consumos.

Los controles de calidad no son competencia del servicio de mantenimiento, pero **los controles de calidad si puede dar lugar a actuaciones del servicio de mantenimiento**; por ejemplo, para localizar en que punto de la producción se produce la pérdida de calidad, que en muchas ocasiones está relacionada con los tiempos y los niveles de consumo o niveles de presión.

11. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se produce una actuación de mantenimiento correctivo **cada vez que produce un fallo**. Cuando esto ocurre, el fallo puede ser parcial, que afecte solo a una parte de la maquinaria, pero la cadena principal continúa funcionando con relativa normalidad; si por el contrario, el fallo interrumpe la cadena de producción se dice que el fallo es general, y la actuación tiene que ser inmediata.

La actuación del **mantenimiento correctivo puede ser por aviso de avería o tras la actuación de un tratamiento preventivo**, el principal motivo del mantenimiento

preventivo es **evitar los fallos**, por lo tanto, cada vez que se produce una actuación correctiva, **se tiene que producir posteriormente a la reparación una investigación para averiguar porqué no se detectó**, en la revisión periódica el fallo que se ha producido.

La tendencia del sistema debe ser de:

< Cero fallos
< Cero paradas
< Cero defectos
< Cero reclamaciones

Durante la realización de un **mantenimiento correctivo** se tiene que procurar, por todos los medios posible, **no paralizar la cadena de producción**; pero, si no es posible, se precederá en primer lugar a un cálculo de tiempo en la reparación, y también un cálculo de tiempo de parada de la cadena de producción. Reunida las herramientas y el repuesto, se procede a la reparación, **una vez iniciada la reparación, esta no se interrumpe hasta que no se haya concluido**, sin perder de vista que **en cuanto se pueda restablecer la cadena, la cadena debe de seguir funcionando, aunque la avería se termine de reparar algo después** de reiniciado el proceso.

12. RESPONSABILIDADES POR NIVELES

Tras definir el mantenimiento, su finalidad y modo de actuar se procederá a establecer responsabilidades, grado de competencia y niveles de actuación, el **nivel más bajo será responsabilidad del operario de la máquina,** y **el más alto en quien tenga la responsabilidad de tomar decisiones que sean exteriores a la empresa**.

El **primer nivel**, **corresponde al operario** que situado en su puesto de trabajo, tiene que comprobar las herramientas que utiliza, y detecta si existen anomalías que no son de su competencia concreta. También se tiene que ocupar de la limpieza de su puesto de trabajo.

Las responsabilidades a **segundo nivel** recaen sobre **el personal de mantenimiento** que realiza las siguientes funciones:

< Comprobaciones de mantenimiento preventivo.
< Pequeñas reparaciones y recambios de piezas.
< Tienen nivel de mecánico especialista en mantenimiento

Los cometidos a **tercer nivel**, abarcan **reparaciones que pueden realizarse en las proximidades del lugar de utilización, (taller)** y cuya duración de actuación es de pocas horas, realizando las siguientes funciones:

- Cambios de conjuntos completos
- Reparaciones y ajuste de piezas ligeras o de pequeños conjuntos
- Tienen la formación de oficial en el oficio que corresponda (mecánico, soldador, electricista, ajustador, etc.).

Son actuaciones de **cuarto nivel** las que se realiza **en talleres propios de la empresa, o se envían a otra empresa por carecer de medios en la propia**, cuya reparación se prevé que será de varios días y donde se realiza:

- Reparar un gran conjunto
- Revisión de conjuntos menores
- Reparación de piezas pesadas
- Se realiza bajo la responsabilidad directa del jefe del taller de mantenimiento

La responsabilidad a **quinto nivel** es máxima, pues es el último y **comprende la decisión de reparaciones de conjuntos completos o la conveniencia de sustituirlo por otro de iguales características o superior en tecnología.**

13. PROCEDIMIENTOS DE BÚSQUEDAS DE AVERÍAS

Buscar averías en maquinaria que en apariencia no manifiesta nada anormal visible, se tiene que hacer mediante un cuestionario bien estudiado de forma que no quede ningún punto sin revisar.

Se realiza este cuestionario, elaborando una ficha de consulta general en que se incluyen todos los puntos esenciales que puede tener una máquina; luego al aplicarlo a un caso concreto pueden haber puntos que no sean aplicables a la máquina que se analiza, por ejemplo: Un grupo electrógeno puede esta fijo o montado sobre un remolque para ser transportado al punto donde haga falta.

Si el grupo electrógeno está montado sobre ruedas habrá que revisar la presión de los neumáticos, por lo tanto, se incluirá una casilla en el cuestionario donde se tenga que poner la presión de los neumáticos, pero si el grupo es fijo, no tiene neumático, y entonces esta casilla no será aplicable, **el cuestionario general tiene que prever los dos casos.** Puede ser que, además, en la empresa existan compresores fijos y transportables, entonces el cuestionario tiene que ser aplicable tanto a grupos electrógenos como a compresores, en ambos casos hay puntos comunes y puntos propios objeto de revisión, el cuestionario debe de recogerlos todos.

Puede ser, que en una determinada fábrica, la maquinaria sea única y siempre es la misma, a la que hay que hacerle los cuestionarios de mantenimiento. En estos casos

específicos, y para no tener un cuestionario **con mas del 50% de las preguntas *no aplicables*, conviene confeccionar un cuestionario más reducido y concreto**.

Por otra parte, y teniendo en cuanta que ninguna empresa puede renunciar a expandirse y contemplar la posibilidad de adquirir nueva maquinaria, deberá de tener preparados cuestionario generales que en un futuro puedan ser aplicables a todo tipo de máquina.

Como ejemplo puede servir el anexo I añadido al final de este tema, y que son precedidos de las instrucciones que sirven para aclarar como debe de rellenarse cada casilla del cuestionario.

14. ELABORACIÓN DE UN PLAN DE BÚSQUEDA DE AVERÍAS

En primer lugar conviene señalar que **la búsqueda de averías no es misión del operador de la máquina, sino del equipo de mantenimiento que es personal de segundo nivel**, por lo tanto, las actuaciones a primer nivel están descartadas y se suponen que están bien realizadas bajo la vigilancia del jefe de sección. A **requerimiento del primer nivel, se puede dar lugar a la actuación del segundo nivel**, que es lo que se va a definir a continuación.

1. Documentar el plan de mantenimiento con la información que se tenga de la maquinaria para definir los puntos a inspeccionar y la frecuencia con que debe de hacerse.
2. Analizar con la experiencia adquirida las operaciones de ajustes y tiempos invertido en la ejecución del mantenimiento.
3. Planificar las intervenciones, mediante reuniones semanales, o mensuales (periodicidad que emana de la experiencia)
4. Repetición de inspecciones preventivas.
5. Una vez realizadas las primeras pruebas de efectividad del mantenimiento preventivo se planifican las intervenciones sobre los puntos no conformes y sobre los puntos conformes las intervenciones posteriores.
6. Detectados los fallos que pueden ser origen de averías se planteará si la intervención es posible en horario normal de trabajo de la plantilla o si requiere la paralización de la producción.
7. Si es posible la intervención en horario laboral de lunes a viernes, se planificará esta de acuerdo con el jefe de sección correspondiente.
8. Caso de requerirse la paralización de la producción, se realizará un informe sobre la intervención, con cálculo de tiempo y número de actores con posibilidad en días no lectivos.
9. Tras **cualquier intervención ya sea de prevención o de actuación se inscribirá en un libro de historial de la maquinaria**, en el que las anotaciones

de los primeros días de funcionamiento de la maquinaria van a ser un referente muy importante para evaluar el desgate por envejecimiento del material.

10. Planificar acciones de modernización.
11. Realizar inspecciones preventivas
12. Detectado fallos, requerir intervención
13. Intervenciones a producción parada.
14. Verificar después de intervenir.
15. Revisión de las frecuencias de intervención

En el diagrama de la figura 5 se detalla el grado de interrelación que tiene un servicio de mantenimiento en la localización de averías y su reparación.

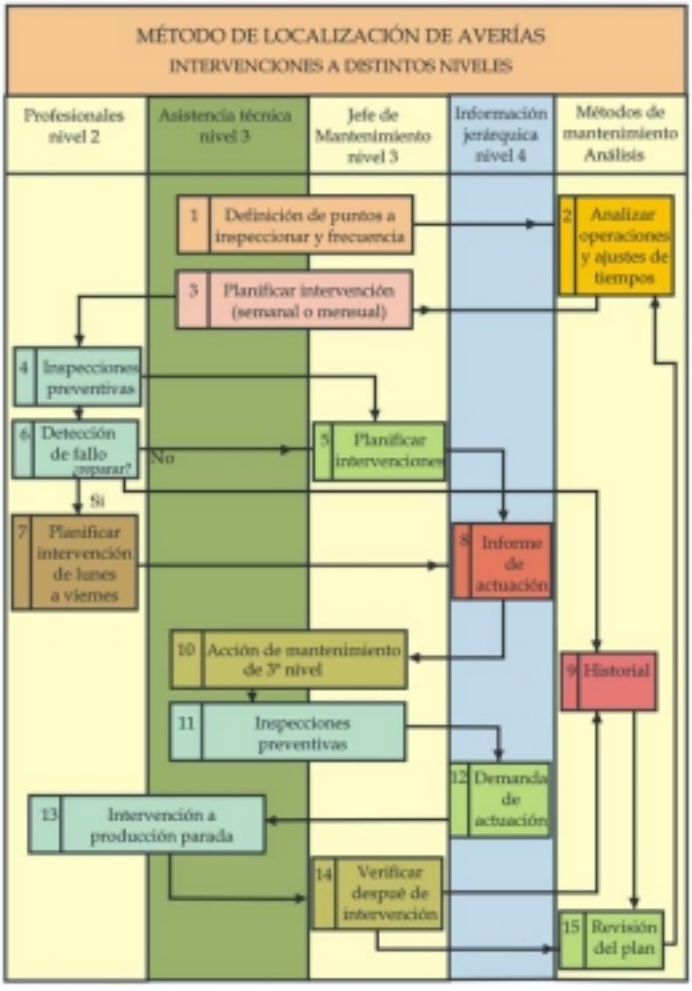


Figura 5 RELACIÓN ENTRE NIVELES QUE INTERVIENEN EN EL MANTENIMIENTO

15. CONFECCIÓN DE LA FICHA DE MANTENIMIENTO

El jefe de mantenimiento **recaba del fabricante** toda la información posible y planifica el plan con la intervención de los responsables de todos los niveles, en los que estos aportan la necesidad de herramientas, repuestos y personal, una vez elaborada la primera su comprueba su idoneidad y al final del primer ensayo se rectifica o se aprueba definitivamente.

16. FICHA DE OPERACIONES

A modo de orientación, en el anexo I, se ha elaborado una **ficha de operaciones** que se puede **aplicar a diversas maquinarias**, con ella **se pretende determinar el estado de conservación y señalar al mecánico los puntos a revisar.**

La ficha consta de tres hojas:

- En la primera se **identifica la máquina**, y comienza por examinar el aspecto exterior de la máquina y las medidas de seguridad, luego se analiza el motor principal de la máquina, y en caso de que lo tuviese, el motor secundario. Si el motor es eléctrico, los puntos a revisar se reducen bastante, y **en el apartado combustible se escribirá eléctrico.**
- La hoja dos se refiere a la **parte que es movida por el motor principal**, considerando todos casos a que puede aplicarse, por ejemplo los grupos moto bombas: pueden ser fijos y dentro de un pozo, o montados sobre ruedas para trasladar a donde sea necesario, también puede aplicarse esta hoja a grupos contraincendios.
- En la última hoja se **resume los puntos destacados en la revisión**, haciendose constar otros detalles, como que está pendiente de repuestos o que es necesario la intervención de un nivel superior.
- Un detalle importante para el responsable del mantenimiento, es saber el **nombre de quien ha hecho la revisión, y quien es el que maneja la máquina habitualmente**, para saber si las operaciones de primer nivel se realizan correctamente y si el grado de rendimiento depende el operador o del fabricante.

17. ANÁLISIS DE AVERÍAS

Si **el objeto del mantenimiento preventivo es evitar las paradas en la producción**, y a pesar de llevarse a cabo el mantenimiento preventivo planificado y el mantenimiento condicional, los fallos siguen apareciendo, es evidente que existe una razón que escapa al control establecido.

Para evitar que esto llegue a ser un problema grave, **por cada intervención correctiva se producirá un análisis de las circunstancias que intervienen en la fatiga del material**, ya que no siempre se debe a las mismas causas

En el anexo II se analiza las causas de averías que se dan en los contactores, que cumpliendo con los requisitos de tensión, intensidad y frecuencia de trabajo, se observa que existen fallos, cuyo remedio no es colocar un contactor de mayor potencia de corte, sino los que se apuntan en este anexo II.

Para otro tipo de fallo, como por ejemplo los mecánicos, de tipo de carburación o de rotura de metales se acudirá al técnico correspondiente en la materia concreta, coordinados por el responsable jefe de mantenimiento, con reuniones que pueden tener una periodicidad semestral.

18. ELABORACIÓN DE INFORMES

Ante la creciente complejidad de los sistemas y líneas de producción, la rápida evolución de las tecnologías, la competencia en el mercado y los riesgos al invertir, obliga a las empresas a realizar **Análisis** y **Estudios Rigurosos** que aseguren en dichos sistemas la calidad y la más alta productividad, consiguiendo un buen mantenimiento de los mismos a través de menores costes, más disponibilidad de los equipos productivos y garantizando una asistencia técnica eficaz a través de una buena Formación en su explotación y **Mantenimiento**.

El objetivo de Mantenimiento tiene una meta: la **Calidad total**, a través **Mejoras continuas**, apoyándose en el trabajo técnico, llamados **Grupos de Fiabilización** para el análisis de problemas.

19. INFORMES SOBRE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

Un grupo de Fiabilización es un grupo multifuncional, formado con representantes de todas las funciones involucradas en un proceso: fabricación, mantenimiento, técnicos de procesos, calidad, logística ingeniería etc.

En el **grupo de Fiabilización** se pueden mezclar varios niveles jerárquicos llegando, incluso, a participar los operarios de fabricación si fuese necesario.

El responsable del grupo de Fiabilización recibe el nombre de animador, y tiene por misión:

- Informar a todos los miembros en la primera reunión de las reglas de funcionamiento como grupo y métodos a emplear para la resolución de los problemas.
- Organizar la vida del grupo y definir la misión de cada uno.
- Convocar y dirigir las reuniones realizando un informe y señalando responsables y fechas para acometer los planes de acción decididos por el grupo.
- Definir los objetivos y plazos que el grupo debe asumir apoyándose en las

experiencias y en la situación de partida de acuerdo a unos indicadores identificados.

< Planificar las reuniones que el grupo va a tener.

< Asegurar el seguimiento de las acciones y de los objetivos.

< Recopilar los documentos y datos necesarios para cada reunión.

20. OBJETIVOS DEL GRUPO DE FIABILIZACIÓN

Los principales objetivos de estos grupos son:

1. Seguir con la ayuda de una **lista única de problemas de todo tipo de fallos** que existan en los procesos y sistemas de producción para evaluar su posición respecto a objetivos, interpretando los problemas para identificar las causas. Por ejemplo.

    < Disponibilidad Operacional de una máquina cuello-botella en un proceso.

    < Rendimiento Operacional de un Proceso.

    < Tasa de No-Calidad de un proceso.

2. Informar para **mejorar los procesos con apoyo de indicadores intermedios de progreso**. Por ejemplo:

    < Tiempo de funcionamiento medio de la máquina cuello-botella

    < Tiempo medio de parada de la máquina cuello-botella

3. **Jerarquizar, preparando Parapetos de causas de fallos**, averías, incidencias, no calidad etc.

4. Preparar la animación y motivación de todos los implicados en el proceso para **mejorar los aspectos de organización**, de relaciones cotidianas, y los relacionados con la explotación y el retorno de información a todos los niveles.

5. **Apoyarse en métodos clásicos y en herramientas clásicas de calidad para resolver los problemas**

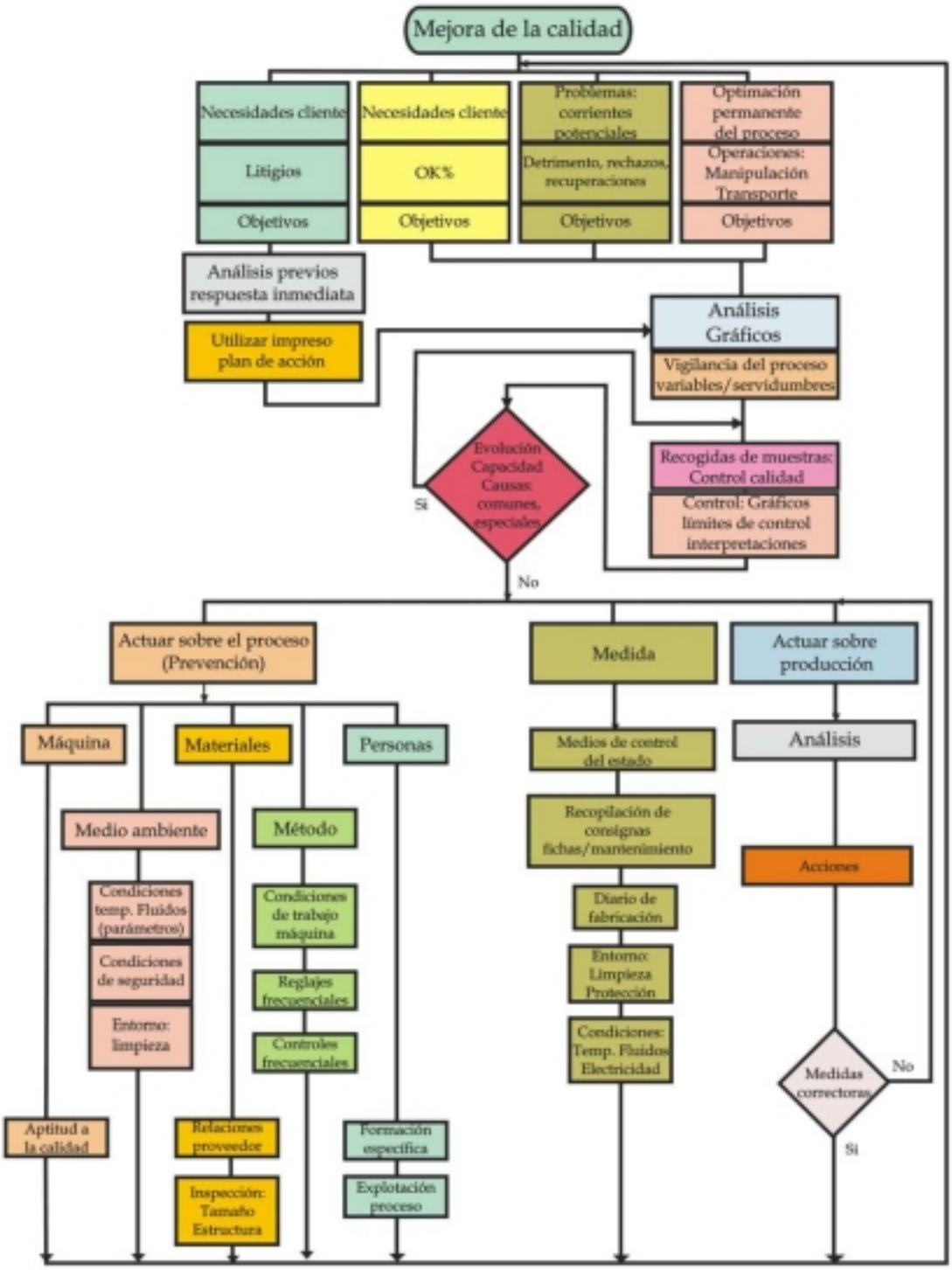


Figura 6 ORGANIGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD

21. ANÁLISIS Y ELIMINACIÓN DE LAS CAUSAS PRINCIPALES DE FALLOS

Una vez formalizado un **grupo de Fiabilización**, y con ayuda de los resultados obtenidos con los planes de acción se puede hacer frente a los problemas de fiabilidad-calidad de los equipos productivos, así como los problemas organizativos sin más que manteniendo una animación del grupo de Fiabilización.

22. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE FALLOS

Una vez sistematizado el control o diagnostico de un problema repetitivo o grave con influencia sobre la calidad, avería, incidencias, etc., es necesario hacer un análisis de los fallos empleando alguno de estos tres métodos:

- Método de análisis a través de diagrama de Pareto, para clasificar y jerarquizar en principio los problemas del tipo que sea.
- Método analítico, con lo que se puede realizar de forma sistemática, un análisis de todos los modos de fallo posibles. Con la ayuda de unas tablas precisas y sencillas, se puede realizar este tipo de análisis para cada componente de fallos posibles.
- Investigación metódica de averías con ayuda de los diagramas causa-efecto, método parecido al del análisis de árbol de fallos, y donde una serie de combinaciones cuantifican el riesgo y muestra los sucesos más críticos.

23. ANÁLISIS DE DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto es una forma especial de gráficos de barras verticales, en el que se distribuyen los datos en orden de magnitud decreciente de izquierda a derecha. Puede usarse con o sin una línea de frecuencia acumulada. Cuando se emplea ésta, representa la suma progresiva de las sucesivas barras verticales de izquierda a derecha (figura 2).

El diagrama de Pareto se emplea como técnica de análisis de un problema desde una nueva perspectiva, y para concentrar la atención sobre los problemas en orden de prioridad.

Como técnica de análisis, el simple proceso de distribuir los datos puede indicar algo importante que de otra forma pudiera pasar desapercibido. La construcción del diagrama de Pareto se ha mostrado especialmente útil en la investigación de problemas.

El diagrama de Paretto sirve para saber donde deben de concentrarse los esfuerzos, y cual es el defecto más importante que debe solucionarse primero.

Etapas para la construcción de un diagrama de Pareto

Primera etapa: Decidir como se va a clasifica los datos, estableciendo una lista de problemas, como por ejemplo:

- Por el orden de fabricación
- Por el tipo de defecto
- Por la máquina que provoca el efecto
- Por el operario que controla la pieza.

Segunda etapa: Utilizar una hoja de control pare recoger datos a tiempos convenidos.

Tercera etapa: Resumir los datos en una hoja de control:

- Ordenando los datos de mayor a menor
- Calculado los porcentajes

Cuarta etapa: Anotar los datos en un gráfico, trazando líneas paralelas horizontales y verticales a la escala apropiada al número de datos con valores decrecientes.

Quinta etapa: Construir un gráfico de columnas situando la columna más alta a la izquierda

Sexta etapa: Anotar las sumas acumuladas mediante una sola línea. La escala vertical del lado derecho se utiliza para el porcentaje acumulado.

Séptima etapa: Anotar el periodo observado y quien ha construido el gráfico así como la fecha.

Tipo de defecto	Número	%	% Acumulado
Ángulo 37 °	145	39	39
Fuera tolerancia	83	22	61
Soldadura	59	16	77
Grietas	32	9	86
Varios	54	14	100
TOTAL	373	100	

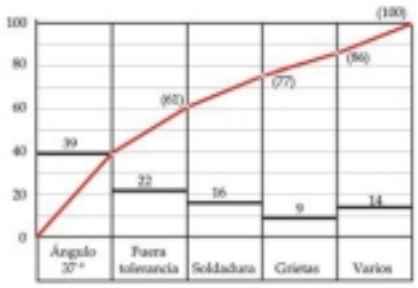


Figura 7 CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE PARETO

24. MÉTODO ANALÍTICO

Este método permite evaluar los rendimientos de la producción teniendo en cuenta el análisis de los modos o formas de fallos que permite:

< Completar el banco de datos disponible para localizar puntos críticos.

< Investigar las causas, buscar soluciones para mejorar y valorar las mejoras.

< Efectuar ensayos por simulación para contrastar los valores de fiabilidad deseados.

25. INVESTIGACIÓN METÓDICA

Esta técnica, muy apropiada para el examen de fallos de elementos o subconjuntos, permite construir secuencias lógicas de revisión y elaborar de esta manera gamas de revisión-diagnóstico en diferentes niveles de intervención, consta cuatro etapas:

Primera etapa: Análisis de la función, para conocer claramente el problema o consecuencia del fallo o avería a resolver.

Segunda etapa: Hacer una relación exhaustiva de las posible causas, considerando el mayor número de causas posibles.

Tercera etapa: Clasificar y jerarquizar las causas más verosímiles posibles por su repercusión en el fallo.

Cuarta etapa: Construir la secuencia lógica de revisión para cada causa, comenzando por las más simples en dificultad de diagnóstico, medios a utilizar y calificación necesaria pata intervenir.

Métodos prácticos de realizar las etapas

1ª etapa. Encontrar la respuesta a la pregunta ¿cómo se realiza la función de forma satisfactoria?

Trazando un esquema simple del principio de funcionamiento sin olvidar ningún elemento.

Buscar la respuesta a la pregunta ¿qué hay que hacer cuando se averíe?

2ª etapa. Construir un árbol de fallos (figura 8)

Analizando las consecuencias que un fallo puede repercutir sobre otros elementos

Reagrupando las listas de fallos y terminar con una única lista de

fallos.

3ª etapa. Anotando la rapidez, en minutos, conque se detecta un fallo.

Anotando la facilidad que existe para verse la pieza averiada.

Utillaje necesario para la reparación, ya sea de uso común o especial

Clasificación técnica del operario para detectar la avería.

4ª etapa. Realizar una lista muy completa de causas, que facilite la inclusión de dicha lista en un programa informático.

26. DIAGRAMA DE ÁRBOL

Está basado en la lógica de que todo sistema ya sea mecánico, eléctrico, electrónico, hidráulico o cualquier otro tipo de máquina construida por el hombre se transmite de un mecanismo a otro de forma encadena, si la cadena se rompe, el camino se interrumpe, o se deriva por otro camino produciendo efectos distintos a los esperados.

Los componentes de un sistema lógico pueden hallarse en dos estados, en funcionamiento o en fallo. De esta manera se considera al mecanismo como un sistema matemático binario: 1= funciona, 0= No funciona, aplicándose los principios del álgebra de Boole.

Figura 8 ÁRBOL DE FALLOS DE UN MOTOR DE GASOLINA

27. CONCLUSIONES DE LOS MÉTODOS ANALÍTICOS

Los métodos analíticos mejoran los resultados de análisis y sirven para:

- Mejorar la construcción de nuevos equipos.
- Durante el periodo de garantía, para obtener respuestas con más rapidez y mejor rendimiento.
- Para elaborar planes de Mantenimiento más precisos y certeros.

El tiempo empleado en el análisis de las averías se ve compensado por sus resultados.

La investigación metódica de averías permite realizar verificaciones simples a costes muy bajos, incluso encontrado soluciones sencillas a los fallos que se observan.

28. INFORME SOBRE CORRECCIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Por regla general, las máquinas eléctricas no se modifican, se sustituye por otra de idénticas características, o por otra que se corresponda con las características más apropiadas.

Las características que más comúnmente se suelen corregir son las que afectan a la tensión, bien porque es demasiado alta o por todo lo contrario, casi siempre se resuelve intercalando un transformado o un autotransformador, para no tener que modificar el receptor.

Dicho la anterior, en muy raras ocasiones, sí que se modifican los bobinados de los motores, para una tensión diferente. Modificación ésta, que no todos los motores admiten por falta de espacio, a no ser que se rebobine con hilo de menor diámetro, pero tiene el inconveniente de que se reduce la fuerza mecánica que puede desarrollar.

En los motores hay una propiedad que no se puede modificar, y es el número de revoluciones del motor, se suele resolver mecánicamente cambiando el diámetro de las poleas. En algunas ocasiones, sí es posible cambiar las revoluciones al doble, pero los cambios que se refieren a las revoluciones suelen ser cambios de menos de cien revoluciones por minuto.

Cualquier modificación que se haga en un receptor anula las propiedades de fábrica del mismo, las nuevas propiedades hay que escribirlas con pintura sobre la carcasa del motor, por si este se cambia de lugar. De todas formas se añadirán en la carpeta de propiedades las nuevas propiedades.

Tratándose de modificaciones electrónicas, dentro del receptor, estas no suelen tener importancia en el consumo exterior, por lo que estas modificaciones sólo quedan resaltadas en el historial de la máquina, sin ninguna marca en la chapa de características.

Las baja tensiones provocan averías en los contactores y por lo tanto son perjudiciales, sin embargo, prolongan la vida de las lámparas.

Las tensiones elevadas por encima de la nominal, acortan la vida de las lámparas y de las bobinas, aumentando la temperatura de funcionamiento y deteriorando el aislamiento, por lo tanto, preocupa más un ligero aumento de la tensión que una disminución, otro caso que puede darse es aumento de tensión en determinadas horas del día y disminución horas diferentes del día, esto hace casi imposible aplicar remedios, pues la solución ideal cambiar la línea de acometida que es propiedad de la compañía suministradora, que son muy reacias a estos cambios, a no se que se demuestre la incapacidad de la línea, o la insuficiencia de potencia en el transformador.

ANEXO I

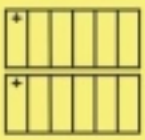
PLAN DE MANTENIMIENTO FICHA DE OPERACIONES — NIVEL 2 / 3 / 4

NOMBRE DE LA MÁQUINA _____ FECHA DE LA REVISIÓN _____

MARCA DE LA MÁQUINA _____ MODELO _____ Nº DE SERIE _____ TIPO DE INSPECCIÓN _____

MARCA , MODELO Y NÚMERO DEL MOTOR _____ CLASE DE COMBUSTIBLE _____ HORAS DE FUNCIONAMIENTO _____

MARCA, MODELO Y NÚMERO DE LOS ACCESORIOS _____ NOMBRE DEL ACCESORIO _____ ORIGINAL ☐ SUSTITUIDO ☐

Principal	GENERAL	Secundario	Principal	MOTOR PRINCIPAL	Secundario	Principal	MOTOR PRINCIPAL	Secundario
	1. COMPROBACIONES PREVIAS			11. CULATA, COLECTOR, SILENCIADOR, TUBO ESCAPE			41. DEPÓSITOS, TAPÓN Y JUNTAS NIVEL ____ Litros	
	2. ENGRASE Guía de engrase fecha publicación			12. PRUEBAS DE COMPRESIÓN Cilindro 1 2 3 4 5 6 7 8			42. BUJÍAS Separación electrodos	
	3. EXTINTOR INCENDIO Marca fecha carga			13. FILTROS y refrigeradores de aceite			43. INDICADORES	
	4. PUBLICACIONES			14. CÁRTER, RESPIRADERO			44. DISTRIBUIDOR	
				15. RADIADOR Protección refrigerante - °C			45. BOBINA Y CABLEADO	
							46. REGULADOR DE TENSIÓN	
				16. BOMBA DE AGUA VENTILADOR			47. MECANISMOS DE VÁLVULAS	
				17. CORREAS Y POLEAS			48. LUCES	
	5. ASPECTO EXTERIOR (limpieza pintura placas identificativas)			18. VÁLVULAS DE DESCARGA			49. CALENTADOR DE AIRE	
				19. REGULADORES Y ARTICULACIONES			50. MOTOR DE ARRANQUE	
				20. CONTROLADORES DE VELOCIDAD			51. PALANCAS, ARTICULACIONES, PEDALES	
	6. MODIFICACIONES			21. PURGADORES Y CEBADORES			52. PURGADOR DE AIRE	
				22. EMBRAGUE Y CAJA DE CAMBIO			53. GENERADORES	
	7. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS			23. BOMBA DE COMBUSTIBLE Y TUBOS			54. TUBOS DE COMBUSTIBLE	
				24. CARBURADOR Y ARTICULACIONES			55. APARATOS DE MEDIDA	
				25. FILTRO DE COMBUSTIBLE			56. BASTIDOR	
				26. FILTROS DE AIRE			57. BATERÍA Y CABLES 	
				27. INYECTORES, BOMBA DE INYECCIÓN				
				28. CALENTADOR DE AGUA Temperatura				

Compresores	Generadores	Moto bombas
51. CILINDROS, CULATA	80. ACELERADOR	110. BASTIDOR, ALINEACIÓN
52. CÁRTER Escapes, nivel aceite Presión aceite	81. PANEL DE CONTROL Voltaje Frecuencia	111. PRENSA ESTOPA Pérdidas, goteos Apriete
53. FILTROS DE AIRE	82. ACOPLAMIENTO MOTOR	112. ACOPLAMIENTO MOTOR
54. CORREAS Y POLEAS	83. REGULADOR, REÓSTATO	113. VÁLVULA DE CEBADO
55. CONTROLES, CABLEADO, INTERRUPTORES.	84. LUCES, CABLEADO Interruptores	114. CABLEADO, SELLADO Interruptores
56. VÁLVULAS DE SEGURIDAD Presión de carga Presión de descarga	85. CONTROL EN CARGA Amperímetros Vatímetros	115. CONTROL EN CARGA Amperímetros Voltaje
57. REGULADOR	86. ESCOBILLAS	116. VÁLVULA RETENCIÓN
58. REFRIGERADOR	87. VENTILACIÓN	117. IMPULSOR, DIAFRAGMA
59. ENGRASADORES Guía de engrase	88. ENGRASADORES Guía de engrase	118. ENGRASADORES Guía de engrase
60. RADIADOR	89. LIMITADORES, FUSIBLES	119. VÁLVULA RETROCESO
61. ACOPLAMIENTO MOTOR	90. RECTIFICADORES	120. MARCHA SIN CEBAR
62. CALDERÍN	91. TRANSFORMADORES	121. MARCHA AUTOMÁTICA
63. BOMBA DE AGUA	92. CONMUTADORES	122. SISTEMA POR BOYA
64. RESPIRADEROS	93. AUTOMATISMO ARRANQUE	123. SISTEMA POR SONDA
65. ENGRANAJES, CADENA.	94. PARADA AUTOMÁTICA	124. TUBO ASPIRANTE
66. MOTORES ELÉCTRICOS	95. MOTORES ELÉCTRICOS	125. TUBO IMPELENTE
67. VÁLVULA PILOTO, REGULADOR	86. CHAPAS, PANELES CIERRES	126. CONTACTORES Regulación térmico
68. BASE, ASENTAMIENTO	97. BASE, ASENTAMIENTO	127. CAUDAL
69. CONJUNTO MONTADO SOBRE REMOLQUE	98. CONJUNTO MONTADO SOBRE REMOLQUE	128. CONJUNTO MONTADO SOBRE REMOLQUE
70. PURGADORES	99. SENSORES	129. ALTURA PLATAFORMA
71. CHAPAS, CIERRES	100. Sistema de puesta a Tierra	130. PROFUNDIDAD POZO
72. HERRAMIENTAS NEUMÁTICAS		131. DEPÓSITO Capacidad litros Tiempo de llenado horas
		132. SISTEMA DE PRESIÓN Atmósferas
		133. TIPO DE BOMBA Aspirante impelente ☐ Sumergida ☐ Grupo de presión ☐ Contra incendios ☐

REMOLQUES PARA CONJUNTOS MONTADOS		Clave y símbolos
151. Luces, cableado, enchufes	161. Conjunto de los ejes	L. Limpiar, lavar
152. Válvulas, tubos, fugas	162. Gancho de arrastre	A. Ajustar, apretar
153. Válvula de emergencia	163. Tren de apoyo	E. Engrasar
154. Manguera, acoplamientos	164. Toldo, travesaños	S. Satisfactorio: en Servicio
155. Frenos, de servio, aparcamiento	165. Rampa, acceso trasero	NA. No aplicable
156. Bastidor, soldadora, alineación	166. Gato, herramientas	F. Falta
157. Neumáticos: Presión		R. Reparar
158. Rueda repuesto: Presión		C. Cambiar
159. Suspensión		O (encima de la clave) Efectuado
160. Cojinetes		NR. No reparado anteriormente.
		FG. Fallo grave. Peligro. Parar todo.

<table>
<tr><td colspan="3">INSTRUCCIONES
OBJETO: Esta ficha de operaciones tiene por misión averiguar el estado de conservación de la maquinaria y equipos y el grado de intervención para su perfecto estado.
NORMAS A SEGUIR: Deberá emplearse únicamente la clave de la hoja dos, las reparaciones efectuadas se indica con O encima de la clave. En las casillas de instrumentos se anotará la lectura de estos.
En la presente hoja se resumirá todos los puntos de interés</td><td>HERRAMIENTAS ESPECIALES</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="13">AVERÍAS DETECTADAS</td><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>Hombres-Horas empleados en la Inspección</td><td>Hombres-Horas empleados en la Reparación</td><td>Tiempo total de parada</td><td>Mecánico Fecha
Nombre y apellidos -sin firma-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Operador habitual
Nombre y apellidos</td><td colspan="2">Nombre del taller o sección al que pertenece la máquina</td></tr>
<tr><td colspan="2">Reparaciones pendientes Con fecha</td><td colspan="2">Nuevas reparaciones que se solocitan Con fecha</td></tr>
<tr><td colspan="4">Anotaciones del jefe de mantenimiento</td></tr>
</table>

ANEXO II

Caída de tensión de la red	-Provocada por la punta de intensidad al arranque del motor.	
Esta caída de tensión lleva a una pérdida de energía del electroimán. Este no transmite bastante fuerza para continuar su carrera hasta el cierre completo.	En este caso, al ser la presión nula sobre los contactos, estos se sueldan.	La instalación es defectuosa. Comprobar las secciones de los cables y quizá la potencia del transformador de alimentación.
Caída de tensión en el circuito de mando	-Cuando el contactor está alimentado a pequeña tensión (24 a 50 Voltios) y son numerosos los contactos de enclavamiento que están en serie, se puede producir una caída de tensión en el circuito de mando.	
Esta caída de tensión se suma a la provocada durante el arranque. El electroimán no actúa en todo su recorrido.	Al ser la presión nula sobre los contactos, estos se sueldan.	En este caso es necesario realizar el mando del contactor a través de un contactor auxiliar, el cual mandará la bobina del contactor principal alimentada a la tensión de la red.
Vibraciones en los contactos de enclavamiento	-Es posible que la cadena de contactos de enclavamientos, algunos contactos (termostatos, prensostato, etc.) entren en vibración.	
Estas vibraciones repercuten en el electroimán del contactor de potencia.	Se produce un arco continuo, que provoca la soldadura de los contactos.	El remedio consiste en dotar de una temporización de dos a tres segundos, al contactor principal.
Micro cortes de la red o interrupción de corta duración.	- Accidental o voluntaria	
Al cerrarse de nuevo el contactor después de una breve interrupción, la fuerza contra electromotriz ya no está en fase con la red, en este caso la punta de la intensidad de corriente puede alcanzar el doble de la punta normal.	Hay riesgo de soldadura de los contactos	La solución es prever contactores temporizados al trabajo, retrasar dos o tres segundos el nuevo cierre, para que de lugar a que la fuerza contra electromotriz llegue a ser nula. También es posible utilizar retardo de apertura

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual
Electricidad industrial
Módulo 3
Máquinas eléctricas

Tema 9

Reparación de máquinas eléctricas, rotativas y estáticas

Tema 9

Reparación de máquinas

Índice

1. Introducción 1
2. Reparación de transformadores 2
3. Reparación de autotransformadores 3
4. Máquinas rotativas: Generalidades 6
5. Máquinas de corriente alterna 6
6. Máquinas de corriente continua 6
7. Motores con anillos 7
8. Síntomas de averías en las máquinas eléctricas 7
Anexo I 10

Tema 9

Reparación de máquinas eléctricas estáticas y rotativas

1. INTRODUCCIÓN

Todas las máquinas eléctricas, incluso las rotativas, tienen una **parte fija por lo general anclada sobre su base, que permanece estática**; **los transformadores no tienen ninguna parte móvil, de aquí que se les denominen máquinas estáticas**.

Aunque un transformador no esté sometido a movimiento si está sometido a vibraciones, **las vibraciones son debida al efecto que el campo magnético ejerce sobre las chapas que forman el núcleo**. En la figura 1 se observa muy ampliadas las chapas que forman un núcleo magnético.

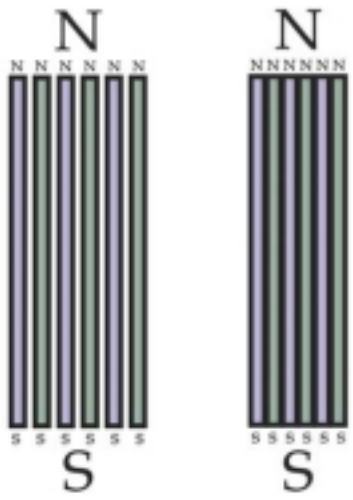


Figura 1 CHAPAS DEL NÚCLEO EN EL TRANSFORMADOR

En el primer caso se observa que, el núcleo magnético esta formado por la unión de muchas placas, cada una de estas placas se comportan como imanes independientes de la misma polaridad, por tanto, cada chapa, está sometida a las propiedades de atracción y repulsión, al ser la corriente alterna, la polaridad del imán cambia constantemente. **Si entre chapa y chapa existe espacio suficiente, estas entrarán en vibración.**

El ruido puede ser imperceptible si como en el segundo dibujo, las chapas están muy próximas (apretadas), o tremendamente insoportable si están tan separadas como en el primer dibujo.

La principal causa de queja en el funcionamiento de los transformadores es el ruido producido por la vibración. **La vibración aumenta con el aumento de carga**, es decir a mayor aumento de flujo magnético, mayor fuerza de repulsión entre chapas contiguas.

2. REPARACIÓN DE TRANSFORMADORES

La reparación de un transformador, consiste en **rebobinarlo**, operación que requiere separar el núcleo de chapas magnéticas del carrete.

Una vez terminado los bobinados primarios y secundarios, se procede a colocarle de nuevo el núcleo. Esta operación, consiste en colocar todas las chapas extraídas. Cuando no se tiene experiencia, **cuesta bastante meter todas las chapas, por lo que algunos optan por dejar algunas sin colocar**.

La supresión de chapas produce **una pérdida de la sección del núcleo**, esta pérdida **producirá un sobrecalentamiento** y una pequeña **pérdida de potencia**, pero a su vez, deja más espacio libre entre chapas lo que hará que puedan vibrar **produciendo ruidos que antes no tenía** o aumentándolo si antes ya existía.

Dos, pueden ser las causas de que un transformador reparado produzca ruidos de vibración (figura 2).

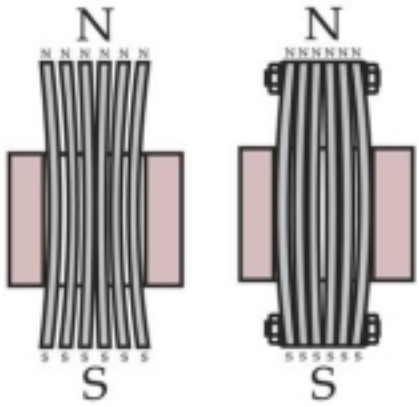


Figura 2 DEFECTOS EN LAS CHAPAS DEL TRANSFORMADOR

En el primer caso, se ha producido un efeto de compresión en el núcleo y una **separación en los extremos**, este es el defecto principal de casi todos los transformadores, produce cuando se ha construido el carrete algo menor que el anterior, y sobran chapas.

También cuando se utiliza el mismo carrete; pero al meter las chapas, estas se doblan al golpearlas para que entren, **las chapas dobladas hay que sacarlas y enderezarlas** teniendo cuidado de no quitarles la capa aislante.

En el segundo caso, se han metido **menos chapas de las que traía de fábrica**, el aspecto que presentaba era el de la figura de la izquierda, pero al apretar los tornillos el núcleo queda holgado, **la solución, es volver a aflojar y seguir metiendo las chapas que faltan.**

En ambos casos la separación de las chapas por el centro, o por los extremos, **dará problemas de aumento de ruidos debidos a la vibración de las chapas.**

3. REPARACIÓN DE AUTOTRANSFORMADORES

No existe diferencia constructiva entre el núcleo de un transformador y el de un autotransformador, todo lo que se aplique al transformador, sirve para el autotransformador.

Tampoco existen técnicas diferentes entre la construcción de un bobinado y otro.

Los bobinados de los transformadores y de los autotransformadores se hace siempre sobre un armazón de **cartón presspan** o **baquelita**, a este armazón se le coloca un núcleo de madera, con un taladro a fin de poderlo colocar sobre un eje (figura 3) sobre el que devanarán las boinas del transformador.

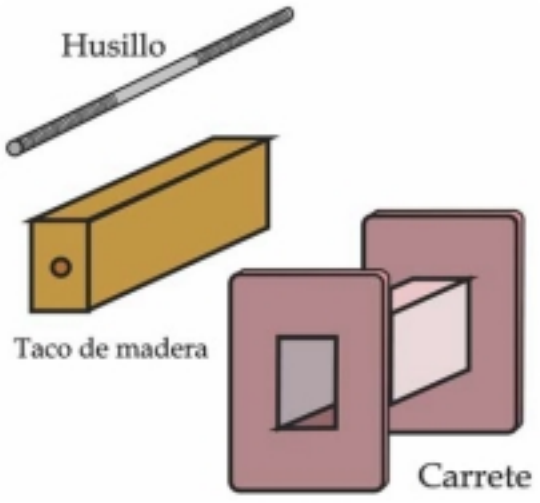


Figura 3 ACCESORIOS DE LA BOBINA

Normalmente se devana primero el hilo más delgado que suele ser la bobina primaria y separado por papel aislante, el segundo devanado de hilo más grueso, y si hubiese más bobinas, siempre separados por papel aislante.

El devanado se hace colocando una vuelta a continuación de la siguiente, **sin dejar espacio entre dos vueltas seguidas, procurando no montarlas, cubierta la primera capa se procede a la segunda**, **cada cinco o seis capas se coloca un fino papel aislante que nivele la superficie y sirva de aislante entre la tensión cero de la primeras espira** y la tensión media entre la capa quinta o sexta.

Cuando se devana el transformador con el hilo de mayor diámetro debajo, si la terminación de las últimas vueltas con el hilo grueso no coincide con capas completas, la superficie presenta una capa irregular escalonada. Para comenzar con las capas de hilo fino y hay que rellenar con cartón el espacio más bajo, este espacio que en el original estaba ocupado puede producir una falta de volumen, para la bobina fina.

Los hilos de las bobinas también **están sometidos a esfuerzos magnéticos**, debido al paso de la corriente por ellos; por tal motivo, **se utiliza cinta de algodón para sujetar las últimas espiras la sujeción se hace sin nudos**, haciendo un lazo **diez o doce espiras antes del final, liando sobre la cinta y pasando la última espira por dentro del lazo**, tirando suavemente de la cinta se consigue dejar sujeta la última capa de espiras. (Ver atado de la figura 4)

Finalmente se cubre la última espira con cartón presspan y se ata con cinta de algodón.

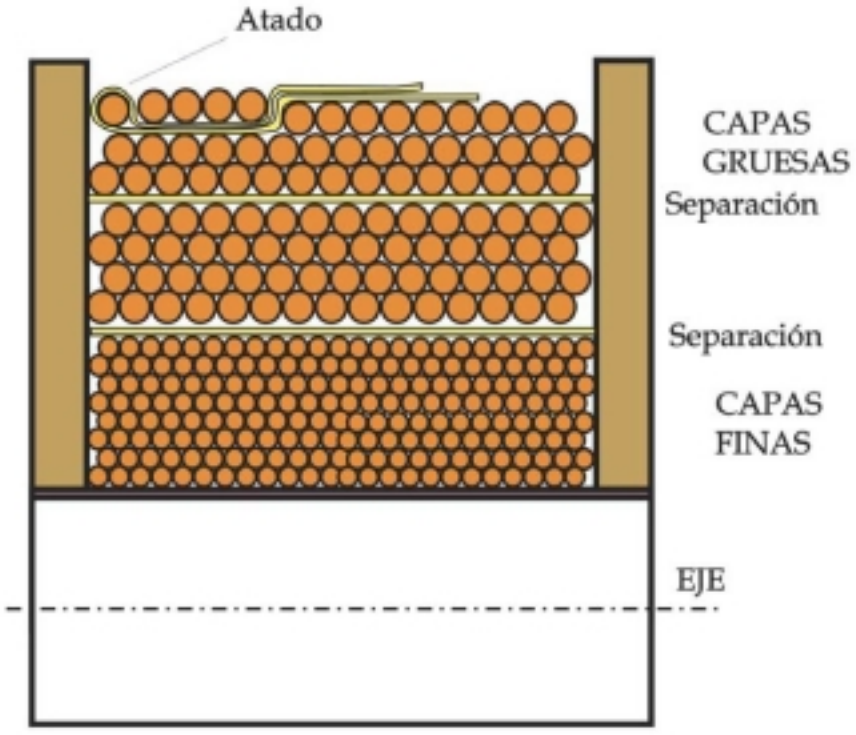


Figura 4 DISPOSICIÓN DEL BOBINADO POR CAPAS

En la figura 4 puede verse la **disposición normal del un bobinado de un transformador**: el carrete que sirve de tope a las capas de hilo fino, las separaciones, las capas de hilo grueso y el atado de la última espira. **El dibujo solo está a falta de la cubierta exterior de protección.**

Los separadores suelen ser más abundantes entre los hilos finos que entre los gruesos, ya que el voltaje entre un extremo y otro es mayor, y por tanto, mayor peligro de perforación del aislante.

Colocación de las chapas

Cuando se meten las últimas chapas ya se ha dicho que cuesta bastante trabajo, y hay que ayudarse de un martillo de bocas de nailon. Si en este momento no se controla bien la presión que se ejerce, la chapa puede entrar más de un lado que de otro. Una chapa daleada puede cortar el cartón del carrete y derivará a masa el primerio, o en el peor caso, cortará la bobina inutilizando el trabajo realizado. Ver la figura 5, en que se ha pintado de forma exagerada este defecto, con un filo actuando como cuchillo.

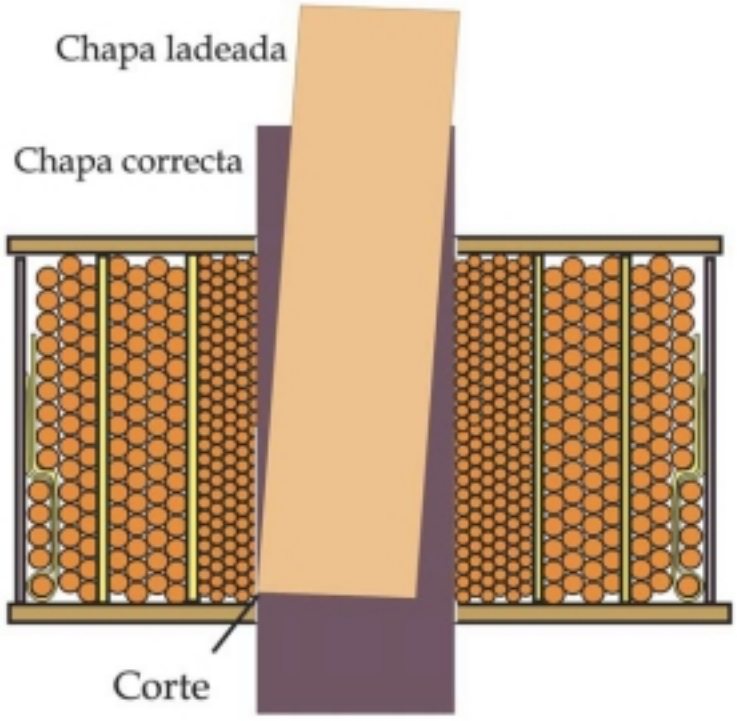


Figura 5 COLOCACIÓN DE LAS CHAPAS DEL NÚCLEO

Comprobación antes de montar

Puesto que, existe el peligro de derivación durante el proceso de colocación del núcleo, parece lógico que: **entes de seguir adelante con la terminación del montaje**, y **nada más terminar de colocar las chapas, se comprueba si existe derivación entre el bobinado y las chapas**. Si da continuidad hay que rebobinar de nuevo, de lo contrario se puede acabar de montar y una vez concluido se realizaran las pruebas de ensayo en vacío, que se describen en el tema 5 de este mismo módulo.

4. MÁQUINAS ROTATIVAS: GENERALIDADES

El tema 4, que solo se trataba de motores, se ha descrito la parte que es común a toda máquina rotativa como son **los cojinetes**, dentro de las **máquinas rotativas** y de propiedades comunes con los **motores**, están las **dinamos** y los **alternadores**, a los que son de aplicación los mismos criterios, sobre todo en lo referente a la colocación de las tapas y marcado.

5. MÁQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA

La característica principal de los motores de corriente alterna es que necesitan un **mantenimiento mecánico mínimo**, **el engrase**; aunque hoy día ni siquiera necesitan engrase, al estar formado por **cojinetes «empaquetados»**.

El mantenimiento eléctrico, no reviste ninguna diferencia con el de cualquier otro sistema eléctrico, como apriete, secciones o aislamientos. El mantenimiento se puede reducir a la limpieza exterior del motor. Una acumulación de polvo hace que no se refrigere convenientemente, por lo que, como mínimo, una vez al año debe de limpiarse, y más veces al año si se acumula mucho polvo.

6. MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

A los cuidados antes descritos se añaden **los derivados de la existencia de las escobillas, que se desgastan y es necesario reponerlas por otras de similares características.**

Las escobillas usadas corrientemente son **electrografíticas y metalografíticas**.

Las **escobillas electrografíticas** están construidas de **carbón y un aglomerante**, que, mediante un recocido al horno eléctrico, se transforma en grafito artificial.

Las **escobillas metalografíticas** son una mezcla de **carbón, grafito y cobre y otros metales**, todos ellos finamente pulverizado y aglomerado en **un proceso al horno eléctrico**. **Se distingue de las anteriores por ser de un color más rojizo y tener mayor brillo metálico**.

El roce de las escobillas con las delgas del colector, no sólo produce desgaste de las escobillas **también del colector**, esto **provoca fallo de contacto y chisporreteo**. La reparación no se logra con cambiar la escobilla, también hay que tornear unas centésimas el colector, para dejarlo recto y sin escalones.

Las revisiones de las escobillas debe hacerse mensualmente, y semanalmente si se usa a diario (taladros de mano).

7. MOTORES CON ANILLOS

Los **motores de corriente alterna con rotor bobinado llevan anillos** en vez de colector, los anillos, al ser liso, **no desgasta las escobillas**; la duración de estas escobilla se prolongan, no sólo por este hecho, sino que además, permite emplearse escobillas metálicas de cobre o latón, preparadas en forma de láminas o tela metálica bien comprimidas y remachadas entre sí.

8. SÍNTOMAS DE AVERÍAS EN LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Las máquinas eléctricas no suelen dar muchas averías una vez que se han instalado y llevan un tiempo funcionando, las que se describen a continuación se suelen presentar cuando se instalan por primera vez, o cuando utilizando la misma línea se ha añadido más consumo del previsto en principio.

Motor no arranca, ni hace ningún ruido. Este caso, se presenta en cualquier momento, con independencia de lo dicho en el párrafo anterior.

La causa más normal es que **No haya tensión**, en primer lugar se verificará la tensión a la salida de fusibles si hay tensión la avería está entre el fusible y el circuito hasta la bobina del contactor. En el caso de que no haya tensión en las tres fases de salida, comprobar la tensión a la entrada de fusibles, sis hay tensión en las tres, uno o dos, de los fusibles está fundido. Si faltan tensiones ir al principio de la derivación.

Aplicando un diagrama de árbol el alumno debería saber hacer una ficha para entregar a otra persona que está aprendiendo, cómo localizar esta avería y repararla. Supongamos que la avería está localizada en el relé térmico de protección. ¿Cómo llegar hasta él descartando las demás posibilidades?. (Vea el anexo I)

Motor no arranca, pero hace ruido

La **Falta una fase**, en un motor en vacío, hace que algunas veces el motor gire en sentido contrario al previsto, y se produce un pequeño ronquido, que es difícil de escuchar. Cuando de mete carga, el motor se para y hace un fuerte ronquido perfectamente audible, el consumo aumenta y el relé térmico desconecta el contactor, si el relé no está bien ajustado el motor puede quemarse. Desconectar rápidamente.

Cojinete malo, un cojinete malo produce mucho ruido, pero no impide que le motor gire a su velocidad normal, si el motor no girara, es señal de que el rotor roza con el estator, esto tan solo se daba en los antiguos cojinetes de bronce

Motor no arranca cuando está en carga

Tensión de la red baja, La causa de que una red tenga la tensión baja, es la insuficiencia de sección, si en un principio funcionaba correctamente, lo probable es que esta red soporta ahora más carga que para la que estuvo diseñada. Si la línea tiene la sección adecuada para la tensión sigue baja, es la red general de acometida la que está falta de sección, o el transformador general con un fusible fundido.

Demasiada carga, los motores cuando arrancan consume tres veces más que a plena carga, los motores de mucho consumo se arrancan en vacío, y luego se someten a su régimen normal de funcionamiento. Con los motores pequeños se suele eliminar el período de arranque, si la carga es excesiva el motor no suele arrancar, sobre todo si es un motor monofásico. La comprobación será hacerlo arrancar en vacío, si no arranca comprobar la tensión

El motor se frena cuando se le mete la carga

Sección de la línea insuficiente. Si la sección es la adecuada, ver tensiones en la caja de acometida, si es la adecuada, suprimir la otras derivaciones hasta localizar cual es la que absorbe todo el consumo. Quizás la línea insuficiente no sea la del propio motor, esto suele ocurrir cuando se emplean transformadores de soldadura eléctrica, que repercuten en otras líneas como el alumbrado

El motor va demasiado rápido

Solo ocurre con motores de escobillas, las escobilla desfasadas producen muchas chipas y hacen que el motor se acelere o por el contrario, se frene.

El motor se calienta demasiado en carga

Motor sobrecargado, todos los motores se calientan, es imposible eliminar las pérdidas por calor, por eso casi nunca se presta atención a la calor que produce un motor.

Cuando se compara este motor con otro similar y se observa mayor temperatura la causa más probable es que ejerce un mayor esfuerzo y tal vez sería conveniente cambiarlo por otro de más potencia, pero también convine observar si está igual de ventilado, o si próximo a él hay alguna fuente de calor, se debe partir siempre del hecho de que el fabricante le ha colocado el motor adecuado a esa máquina y antes de modificarlo se debe de consultar con el fabricante la conveniencia de aumentar la potencia del motor.

El motor se calienta demasiado en vacio

Tensión de la red elevada, cuando aumenta la tensión, al no variar la resistencia, aumenta el consumo, las tensiones elevadas tienen una difícil solución, puesto que las compañías de suministro no reducen las tensiones nunca. Si se está próximo al transformador de la zona la solución pasa por denunciarlo ente la delegación de industria, o el empleo de autotransformadores, o la sustitución por motores de mayor tensión o la colocación de reactancias en serie con el motor, todas son soluciones que se consideran difíciles para alcanzar un buen resultado.

Refrigeración insuficiente, si la tensión de la red es correcta, se tendrá que pensar en que la ventilación del motor no es adecuada, si el motor acumula mucha suciedad de polvo, se puede pensar en hacer traer aire directamente del exterior, en añadir un ventilador.

Corto en el bobinado. En el bobinado de los motores, a veces, aparecen unos defectos de aislamiento, que producen cortocircuitos entre cino o seis espiras de una solo bobina. La bobina no está cortada, ni quemada, solo se han anulados varias espiras de una sola bobina, esto produce mayor consumo es esta bobina que en las otras dos, las tres fases deben de consumir lo mismo, si se nota aumento de calor en un motor aún en vacío, compruébese el consumo de las tres fases y si no se aprecia diferencia abrirlo y ver si hay zonas quemadas, luego al montarlo, observar si el rotor gira libremente, si el motor es de escobilla levantar las escobillas para hacerlo girar.

Chisporreteo de escobillas

Escobilla no asientan bien, con el funcionamiento normal las escobillas se consumen y se quedan cada vez más cortas, las escobillas tienen un muelle que las empujan constantemente, llega un momento que la escobilla está tan gastada que el muelle ha llegado a su tope y ya no la empujan, entonces la escobilla no hace buen contacto con el colector y se produce la chispa. Al colocar una nueva escobilla, debe de hacérsele el asiento, es decir adaptar la parte de escobilla que roza con el colector al diámetro del rotor, para que haga contacto con toda la base y no en un solo punto.

Colector gastado, El roce de la escobilla también desgasta el cobre de las delgas, en ves de ser cilíndrico se vuelve curvo y la escobilla solo asienta por los extremos.

Ruidos anormales en el motor

Cojinetes malos, Cuando las bolas de los cojinetes se producen pequeñas estrías, esto hace que se produzca un gran ruido, se dice que las bolas se han puesto cuadradas, lo cual es una gran exageración, pero es así como se denomina, la solución cambiar los cojinetes por cojinetes de empaquetadura que no pierden se engrase

Daños en la transmisión, desequilibrios, fallos en la sujeción, defectos en el engranaje de transmisión Aunque el ruido se produce cuando el motor está en marcha, no siempre el ruido provienen del motor, las correas flojas, los desecrilibrios en la carga de la máquina, tornillos flojos, defectos en la alineación del motor, son todos causas de ruidos, que un mecánico debe de saber eliminar sin acudir al electricista

Anexo I

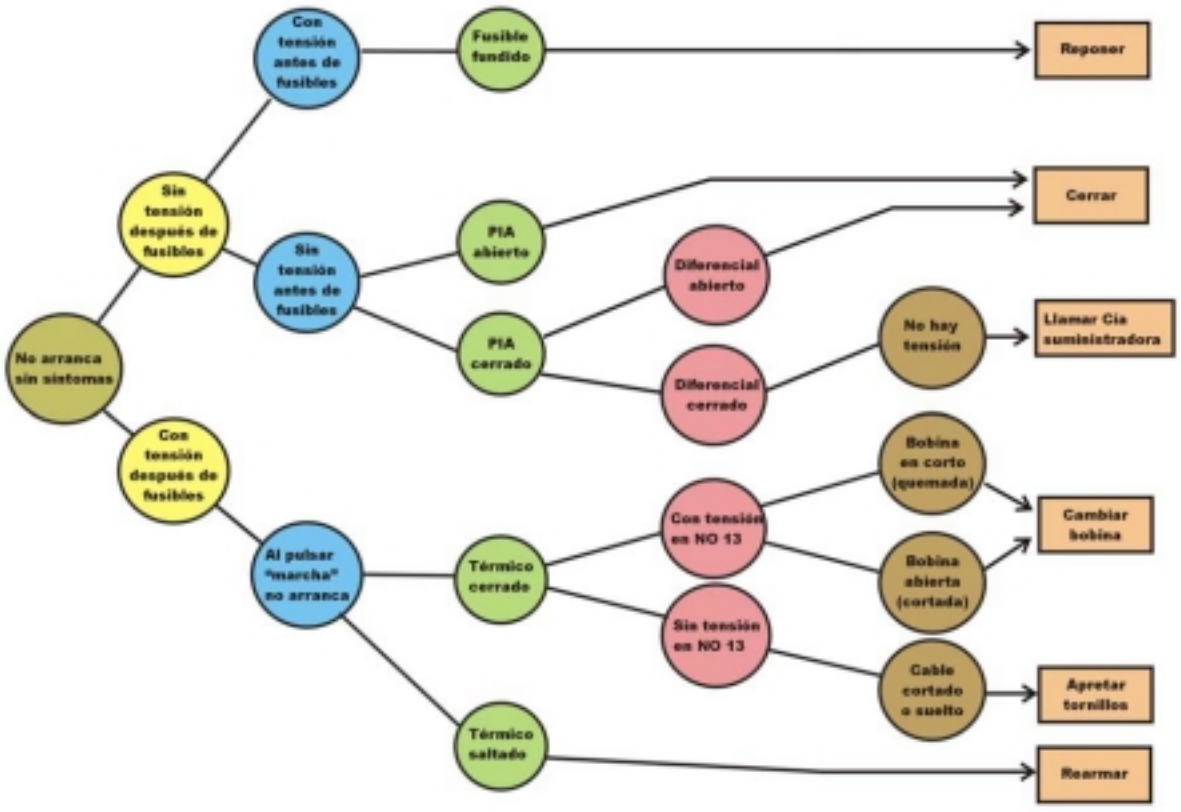


DIAGRAMA DE ÁRBOL PARA MOTOR SIN SÍNTOMAS

Nota: Si al reponer fusibles se vuelve a fundir, y vuelve a saltar el térmico, la avería puede ser motor quemado, o bien cortocircuito en cables al motor.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 3
Máquinas eléctricas

Tema 10

Autómatas programables: Aplicaciones "hardware", iniciación a la programación

Tema 10
Aplicaciones “hardware”

Índice

1. Aplicaciones “hardware”, estructura interna del autómata 1
2. Manejo básico del programa “Logo!Soft confort” 2
3. Elaboración del programa 3
4. Unión de bloques funcionales: Modo de proceder 7
5. Reglas para la unión de bloques 8
6. Acabados y presentación 9
7. Simulación de un programa de conexiones 13
8. Barra de herramientas estándar 20
9. Descripción de la barra de menús 23
10. Salir 29
11. Bloques para realización de programas 30
12. Funciones básicas 34
13. Funciones especiales 38

Tema 10

Aplicaciones "hardware"

1. APLICACIONES "HARDWARE", ESTRUCTURA INTERNA DEL AUTÓMATA

El programa **"Logo!Soft Comfort"** es una herramienta **"software"** diseñada especialmente **para la programación de los autómatas programables, sin necesidad de escribir líneas de actuación. El sistema que utiliza es gráfico**, lo que **permite dibujar un esquema de la función que ha de realizar, después se comprueba y si es correcto se graba directamente en la memoria del autómata, sin más problemas.**

Figura 1 AUTÓMATA SIEMENS

Esta herramienta también permite **leer la memoria del autómata, con lo que, rápidamente se comprueba y se modifica si es necesario**, modificando la memoria en poco tiempo y con seguridad.

El programa necesita **un ordenador con sistema Windows**, en que se descarga el programa **"Logo!Soft Comfort"**. Por lo que se supone que el usuario, conoce el manejo del ordenador y la forma de proceder para cargar el programa.

2. MANEJO BÁSICO DEL PROGRAMA "LOGO!SOFT COMFORT"

En la figura 2 aparece la primera vista del programa una vez iniciado

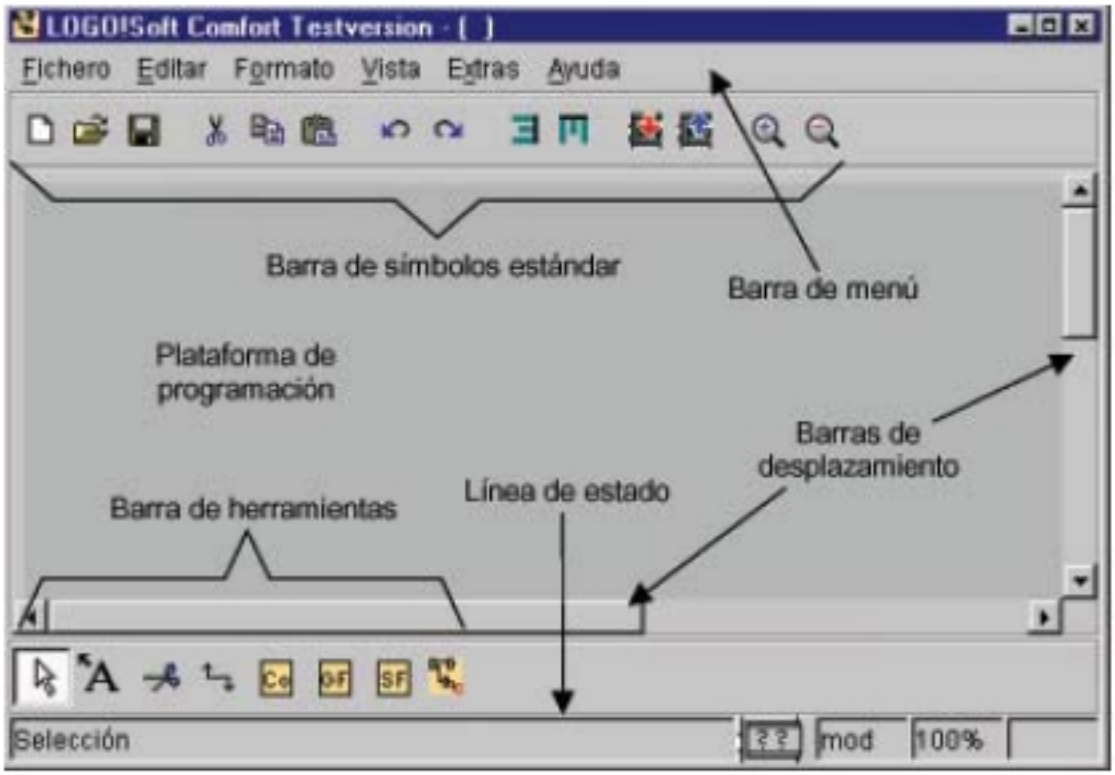


Figura 2 PANTALLA DE INICIO

En la plataforma que ocupa la mayor parte de la pantalla se elaborarán los esquemas de conexiones, para lo que se dispone de símbolos y enlaces de conexiones, a los que se llaman elementos de la pantalla de operación.

Barra de menús

Encima está **situada la barra de menús**. En la barra de menús se encuentran los diversos **comandos para la elaboración y administración de programas de conexiones**. Esto incluye también configuraciones y funciones de transferencias de programas

Barra símbolos estándar

Encima de la plataforma de programación se encuentra la **barra de símbolos estándar**, a través de estos botones de mando se puede aplicar un nuevo programa o bien cargar o guardar un programa ya existente, así como, recortar, copiar, o insertar objetos de un circuito.

La barra de símbolos estándar se puede desplazar con el uso del ratón, siempre que se cierre esta barra, se posiciona arriba de la barra de menús.

Barra de herramientas

Abajo se encuentra la barra de herramientas. Mediante su botones de mando se puede cambiar a diferentes modos de procesado, con los que, se elaboran los programas con rapidez y sencillez.

La barra de herramientas se puede desplazar con el uso del ratón, siempre que se cierre esta barra, se posiciona arriba de la barra de menús.

Barra de situación

En el borde inferior de la ventana de programación se halla la barra de situación. En la cual, se da algunas indicaciones sobre la herramienta activada, la situación del programa, el factor zoom actual, la página del esquema general y el equipo Logo! elegido

3. ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

Iniciada la sesión, inmediatamente se puede comenzar con la elaboración de un **nuevo programa**

Cada vez que pulse **Fichero nuevo, desparece el programa existente y se comienza desde cero con la elaboración de nuevas conexiones**

Las barras de iconos

Existen **dos barras de iconos**, de las que se pueden elegir los botones de mando que se deseen desplazando el puntero de señalización con el ratón y pulsando la tecla izquierda, **el botón de mando seleccionado aparece entonces como pulsado.**

Bloques funcionales

El primer paso para la elaboración de esquemas de conexiones, **consiste en la selección de los bloques funcionales requeridos para el circuito a crear**. Queda al criterio del usuario colocar las entradas y salidas, las funciones básicas, o las funciones especiales. En la barra de herramientas se encuentra bajo **Co** las constantes y los bornes de conexión, es decir, **diferentes entradas y salidas y niveles de señal fijas**. Pulsando **GF** se **activan las funciones básicas del Álgebra de Boole**, es decir, los más simples elementos digitales de enlace. Los **bloques de funciones especiales** se activan con **SF**.

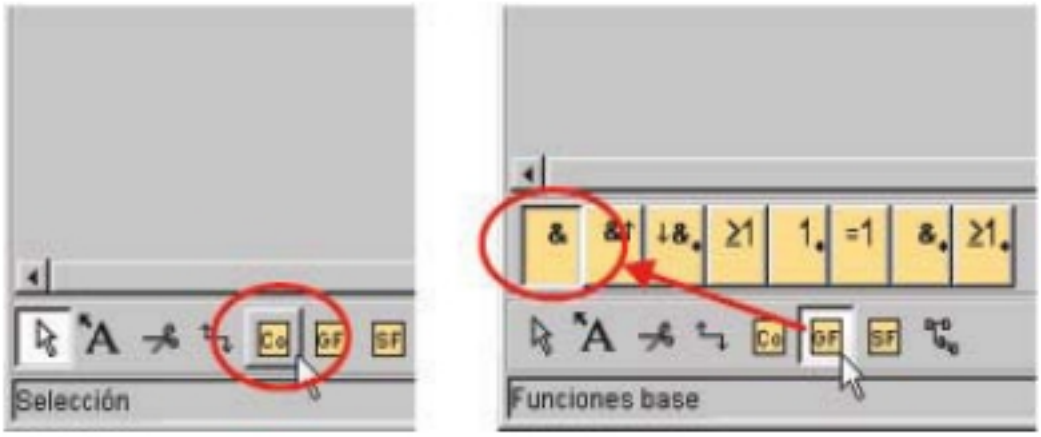


Figura 3 BLOQUES FUNCIONALES

Co : **Constantes / Bornes de conexión**

GF : **Funciones básicas**

SF : **Funciones especiales**

Colocación de bloques funcionales

Pulse en el botón de **mando del grupo funcional**, que contenga el bloque que necesite. A la derecha de la barra de símbolos estándar aparecerán ahora todos los bloques funcionales que le corresponda a este .

No es necesario que los objetos queden colocados con precisión en el lugar que se desee. Una vez comunicados los bloques entre sí, y comentar el circuito, **podrá rectificar la posición de los bloques, por razones de espacio, o por estética**, por que, resulta prematuro alinear los bloques inmediatamente después de colocados.

Figura 4 COLOCACIÓN DEL BLOQUE FUNCIÓN Y

Numeración de los bloques

Los números de los bloques no pueden variarse, **se realizan automáticamente en el orden de sucesión cronológico en que se han colocado en la pantalla**. En el caso de las constantes y los bloques de unión figura la denominación del borne en un LOGO!. **Es posible utilizar comentarios en los bloques de entrada y salida y el marcador**. Los bloques para señal High y Low, no tienen numeración.

Menús contextuales

Pulsando la **tecla derecha del ratón, se abre el menú contextual que ofrece diferentes posibilidades para el objeto actual**. El contenido de cada menú contextual depende del objeto sobre el cual se ha colocado el puntero del ratón. Considerándose objeto no solo los bloques o líneas, sino también la plataforma de programación.

Haciendo **doble clic en cualquier bloque funcional** se abre una ventana, en que se puede reflejar las propiedades del bloque. En el caso de los módulos de funciones básicas y de constantes o bornes de conexión existen, además de la tarjeta de registro para comentarios, una o varias tarjetas de registros para parámetros. En éstas **se puede fijar valores o ajustes que deban tener este módulo de función en su circuito**.

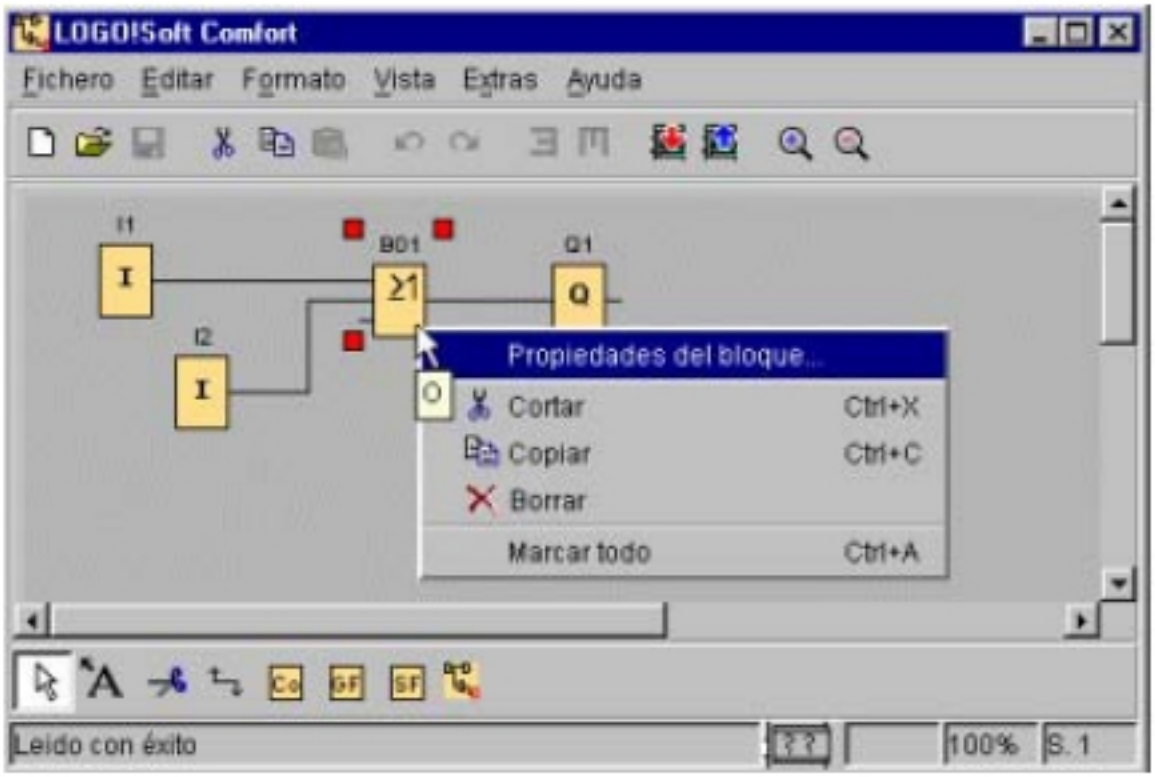


Figura 5 MENÚS CONTEXTUALES

Los módulos de funciones especiales **se distinguen por el hecho de que sus valores actualizado de parámetros se indica en verde a la izquierda del módulo**

Figura 6 PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES

Límite de bloques funcionales

Cuando se introduce en el esquema de circuito más funciones de las que permite el armazón, **se representarán en gris las funciones que ya no pueden utilizarse**. Si la función seleccionada es ese momento ya no es utilizable, la primera que sea todavía utilizable se convierte automáticamente en función marcada.

Figura 7 TODAS LAS FUNCIONES NO PUEDEN UTILIZARSE AL MISMO TIEMPO

4. UNIÓN DE BLOQUES FUNCIONALES: MODO DE PROCEDER

Para completar el circuito es necesario **unir entre sí los bloques aislados**. Para ello se selecciona en la barra de herramientas el botón de mando

± **Acoplador**

Posicionando el puntero del ratón encima del pin de conexión de un módulo y pulsando la tecla izquierda del ratón. **Con la tecla apretada se desplaza el puntero hasta el pin que sé dese conectar y soltar la tecla**. El programa realiza la conexión

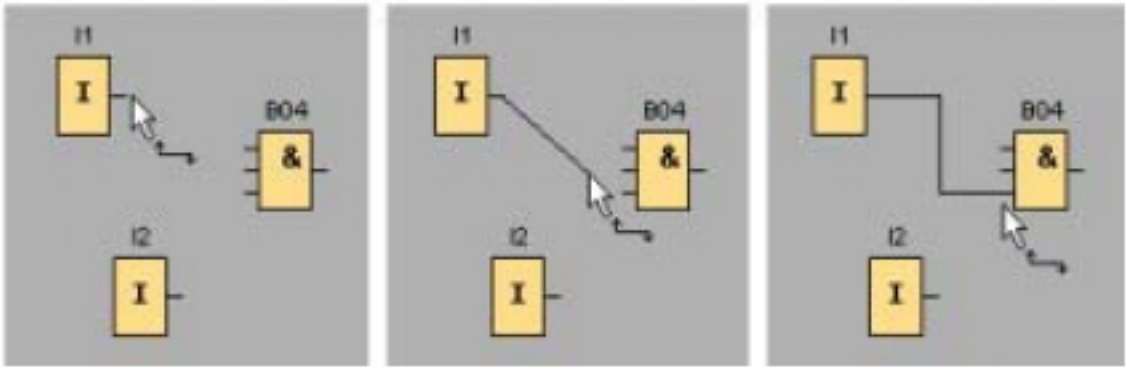


Figura 8 CONEXIONADO ENTRE DOS MÓDULOS

Cuando se traza una línea de conexión desde una salida a una entrada, se abre una **ventana de indicación con el nombre de pin**. Si se suelta la tecla del ratón queda atrapada la línea de conexión en la entrada que se haya indicado.

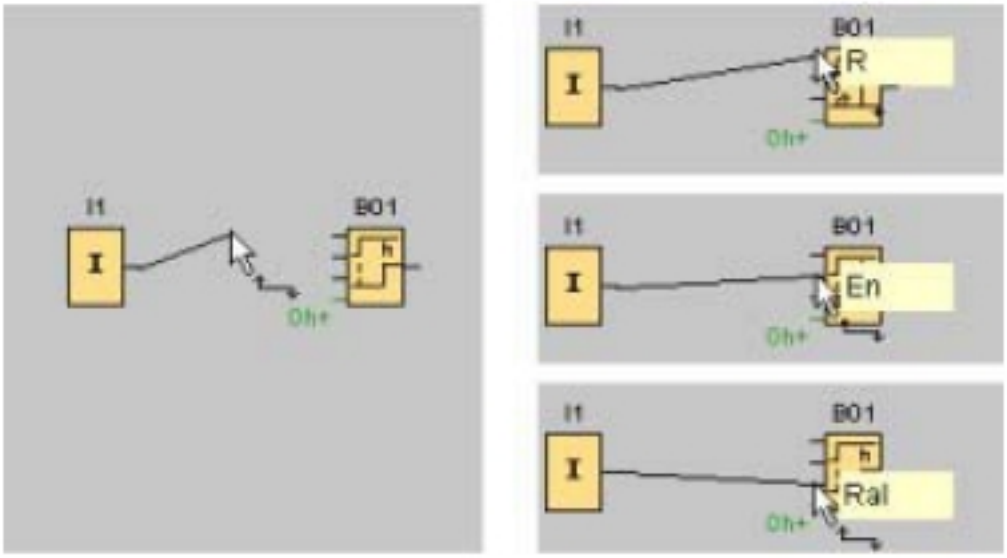


Figura 9 VENTANAS DE AYUDA

5. REGLAS PARA LA UNIÓN DE BLOQUES

- Una unión siempre puede crearse **sólo entre una entrada de bloque y una salida** de bloque.
- Una **salida puede estar enlazada a varias entradas**, pero **no una entrada a más de una salida.**
- **Una entrada y una salida no pueden unirse entre sí en la misma ruta de programa** (sin recursión). De necesitarse tal conexión, hay que intercalar un marcador o una salida.
- En **las funciones especiales** existen también "pins de conexión" **verdes**. Éstos **no constituyen pins de acoplamiento**, sino que sirven para la coordinación de los ajustes de parámetros adyacentes.
- **No es posible utilizar entradas/salidas analógicas con entradas salidas binarias**

6. ACABADO Y PRESENTACIÓN

Colocado todos los bloques, hechas todas las conexiones y comprobado el funcionamiento, **se busca un aspecto más razonable del circuito elaborado, es decir, que tenga un aspecto más compresible a la vista**.

Alineación de objetos

Para poder desplazar, alinear o borrar objetos, es necesario marcarlo primero. Para ello **se hace clic en la herramienta de selección**

± **Selección**

Cada módulo o línea se puede seleccionar individualmente con un simple clic, mientras que **los grupos de módulos o de líneas de enlace deben seleccionarse con el puntero del ratón .**

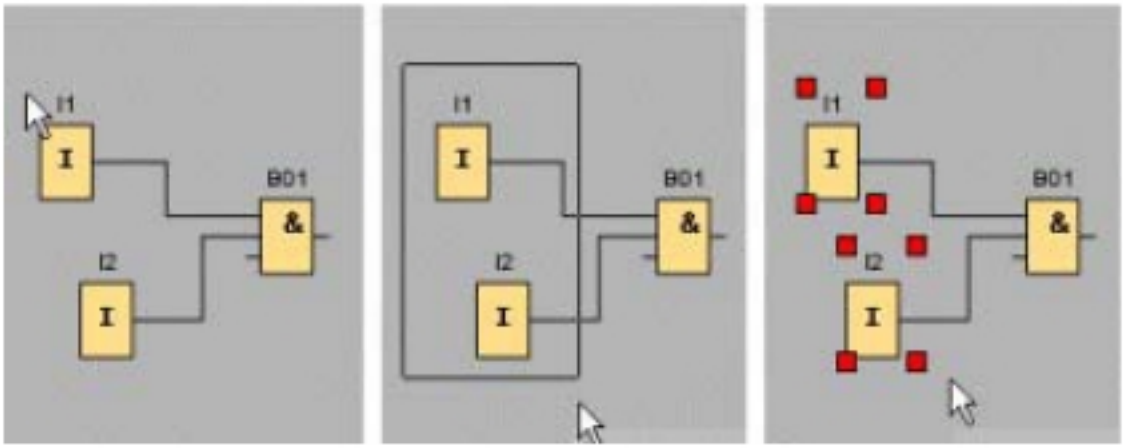


Figura 10 SELECCIÓN DE DOS BLOQUES

Apretando la tecla izquierda del ratón y sin quitar la presión, desplazar hasta meter dentro del rectángulo los objetos que se desean seleccionar, **cuando se suelte la tecla del ratón, los bloques seleccionados aparecerán marcados por pequeños cuadrados rojos en los vértices de cada módulo seleccionados**.

Todos **los objetos marcados quedan vinculados**, y **lo que se haga a continuación afectará por igual a todos ellos.**

Procesado del trazado

Los objetos marcados pueden ser, eliminados, copiados e insertados, mediante los correspondientes botones de mando.

± **Recortar el objeto marcado**

± **Copiar el objeto marcado**

± **Insertar el objeto**

Igualmente las líneas de enlace pueden ser marcadas y procesadas. **Una línea seleccionada presenta marcas azules redondas y con cuadrados en rojo.**

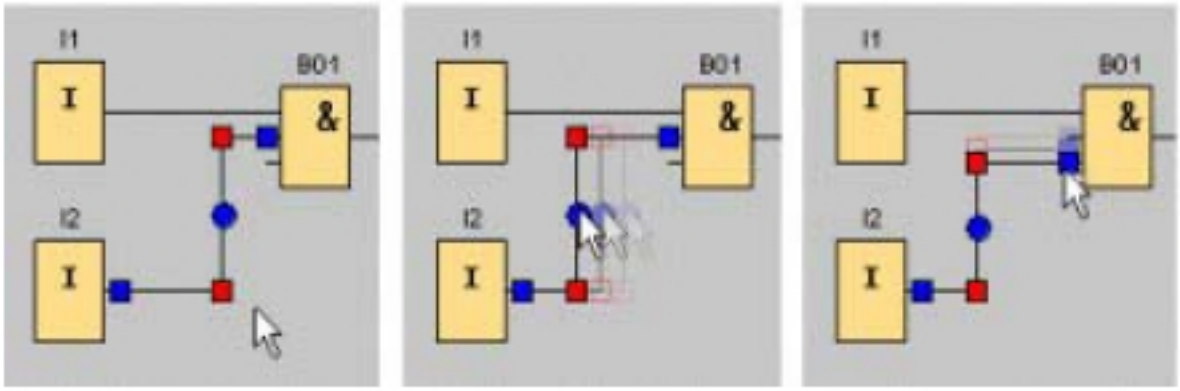


Figura 11 DESPLAZAMIENTO DE UNA LÍNEA DE ENLACE

Las líneas pueden ser desplazadas utilizando el puntero del ratón sobre los puntos redondos azules, o cambiadas de pin en un mismo bloque, o llevarlo a un bloque distinto, cuando se utiliza los puntos finales o iniciales. **Si se suelta un punto antes de acoplarlo en otro lugar, la línea no se borra, vuelve a su última posición**.

Las líneas pueden ser cortadas cuando sea necesario evitar cruces con otros elementos que puedan confundir, **para ello se utiliza la herramienta de tijeras situada en la barra inferior.**

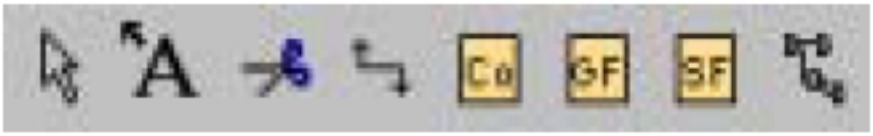


Figura 12 HERRAMIENTAS DEL SISTEMA

Una vez activada la herramienta, se hace clic en un enlace. De inmediato se rompe gráficamente, pero sin que desaparezca **la unión, que sigue estando activa**.

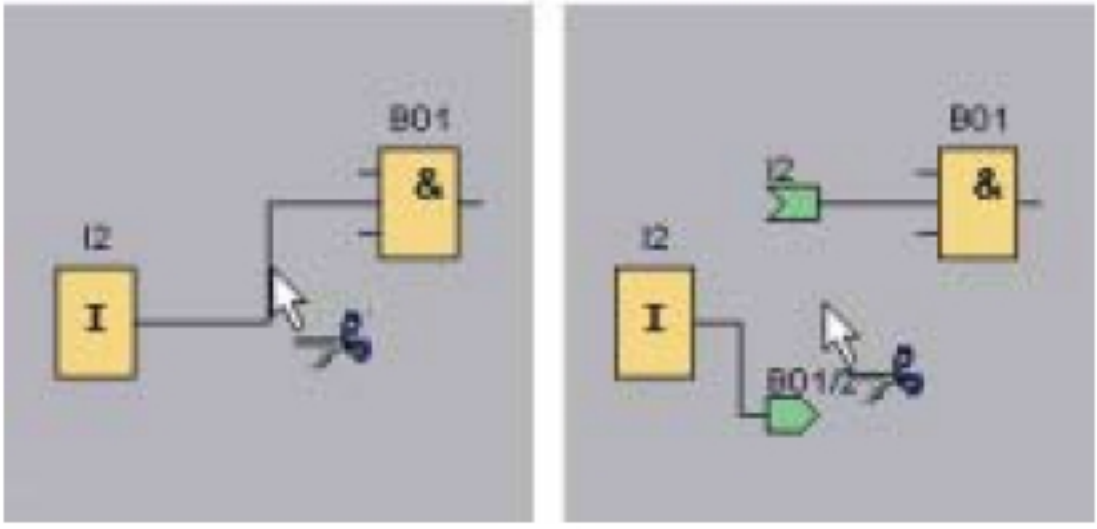


Figura 13 USO DE LA HERRAMIENTA TIJERAS/ACOPLADOR

La indicación con símbolos similares a unas flechas, sobre los que aparece la indicación en forma de nombre y número **indica como se unen estas líneas interrumpidas.**

Cuando se desee restaurar la línea completa, **se activa de nuevo la herramienta tijeras y se hace clic en el extremo abierto y se vuelve a cerrar el enlace**.

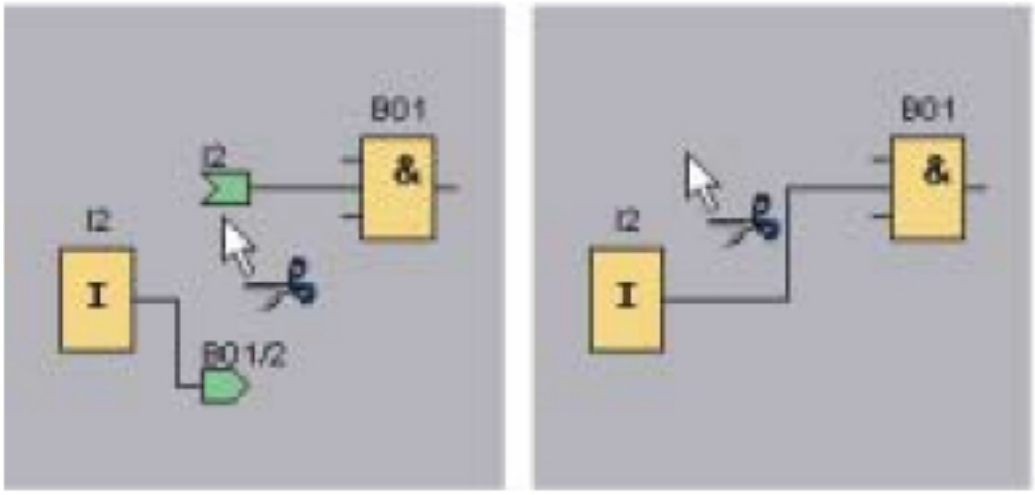


Figura 14 ACOPLAR DE NUEVO

Esta herramienta suele usarse en circuitos complejos pero **en circuitos pequeños no debe usarse porque hace perder el tiempo a tenerse que leer cada flecha**, con lo que se pierde claridad. Que es precisamente el objeto de esta herramienta, dar claridad a la presentación.

Rotulaciones

La rotulación **permite añadir comentarios** sin más que utilizar la herramienta de texto

± **Herramienta de texto**

Cuando está activado el botón de texto, **se hace clic en la plataforma de programación o en un módulo**. Esto activa una ventana para introducir el texto.

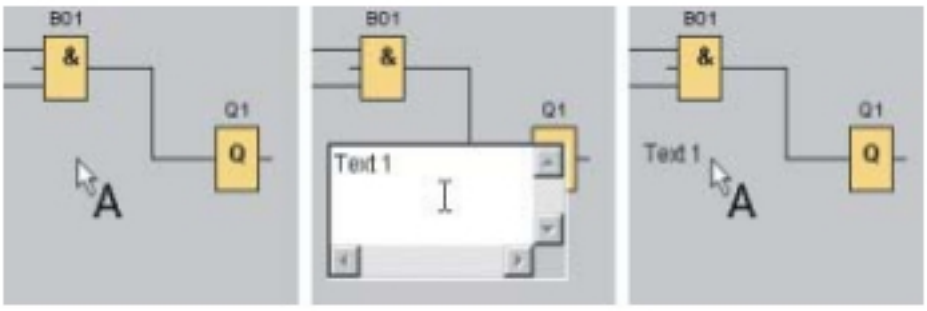


Figura 15 AÑADIR UN COMENTARIO

Una vez escrito el texto, **haga clic en la plataforma de programación o pulse la tecla Esc**. Se cierra la ventana y aparece añadido el comentario. **Este texto puede ser tratado como un objeto más, y puede ser desplazado, alineado o borrado**.

Cuando se ha comenzado por hacer clic en la plataforma, el texto, se convierte en un objeto más. Pero, cuando se ha iniciado haciendo clic sobre un módulo, **el texto queda ligado a este módulo, y cuando se desplaza el módulo el texto también lo hace, igual sucede si se borra.**

Para **modificar un texto**, se secciona la herramienta de texto y **se hace clic sobre el texto deseado.**

Entre las propiedades del bloque se encuentra **la tarjeta de registro para comentarios, en las que se puede introducir un nombre para el bloque**, o **anotar observaciones sobre el cometido del bloque**. En este caso, el comentario también se identifica en la plataforma de programación como comentario unido, pudiendo ser posicionado libremente. Teniendo en cuanta que cuado se desplace el módulo el comentario se desplazará con él.

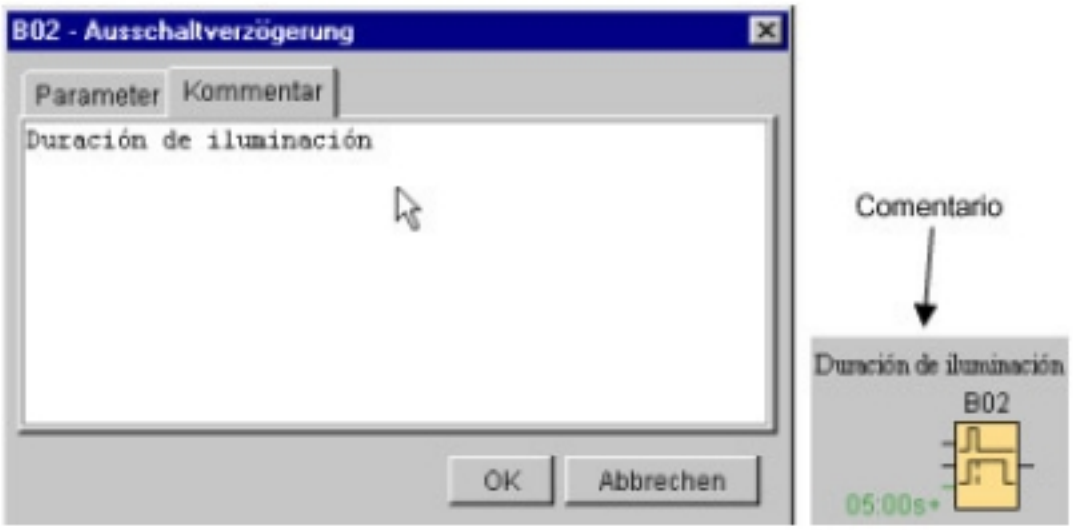
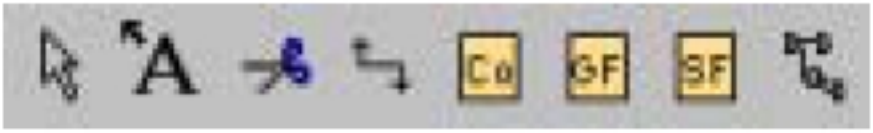


Figura 16 AÑADIR COMENTARIO A UN BLOQUE FUNCIONAL

7. SIMULACIÓN DE UN PROGRAMA DE CONEXIONES

Para poner en marcha la simulación, **haga clic en el último botón de mando de la barra de herramientas**. De este modo, se conecta la simulación.



± **Simulación**

Durante el modo simulación luce este botón como accionado. **Con un clic sobre otro mando de la barra de herramientas, se conmuta a otro modo**. Al iniciar el modo simulación, el programa analiza el circuito, y si existe algún error emite uno de los siguientes mensajes:

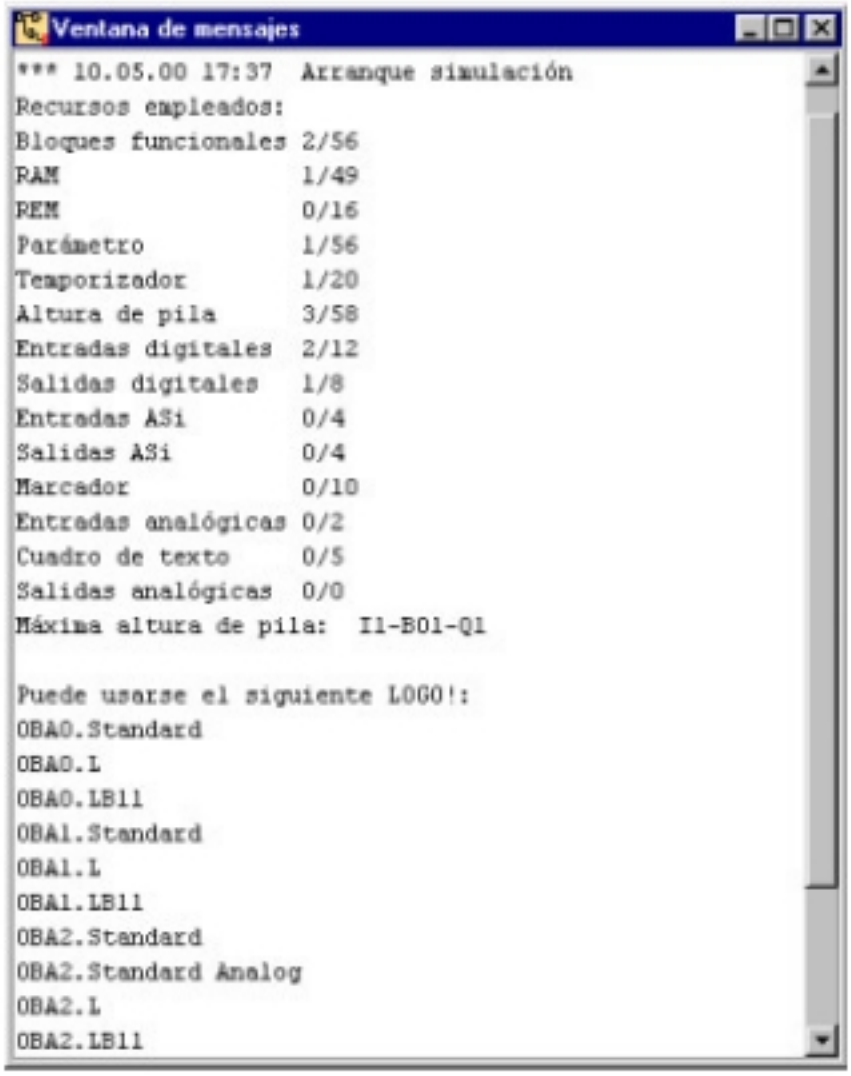


Figura 17 MENSAJES DE ERROR

Una vez activado el modo simulación **aparece en la parte inferior izquierda tantas entradas como he hallan colocado en la plataforma**, **lo mismo sucede con la salida**, y **entre las entradas y la salida aparece el símbolo de Red**.

Figura 18 ENTRADAS Y SALIDAS

En el supuesto de que el esquema tuviese **dos interruptores y una sola salida**, para accionar el interruptor 1 basta con **hacer clic sobre la primera entrada** , y el interruptor se iluminará. Volviendo a hacer clic, el interruptor se abre y se apaga.

± **Inactivo**

± **Activado**

Lo mismo se puede hacer con el interruptor 2, de forma que **pueden estar activados los dos al mismo tiempo**, abiertos los dos y encendido y apagado el otro.

± **No accionado**

± **Accionado**

Dependiendo de como se haya planificado el circuito, **si corresponde salida, se iluminará la lámpara**, y **si se anula la salida, se apagará**.

± **Sin salida**

± **Salida activada**

Accionado el **botón de desconexión de Red**, se interrumpe la alimentación de todas las entradas y **se simula una apagón**.

± **No accionado**

± **Apagón simulado**

Funciones de entrada

Las entradas pueden estar definidas de diferentes maneras. Para modificar el comportamiento de una entrada, **se elije en la barra de menús la opción Extras**, y, **a continuación, Parámetros de simulación**.

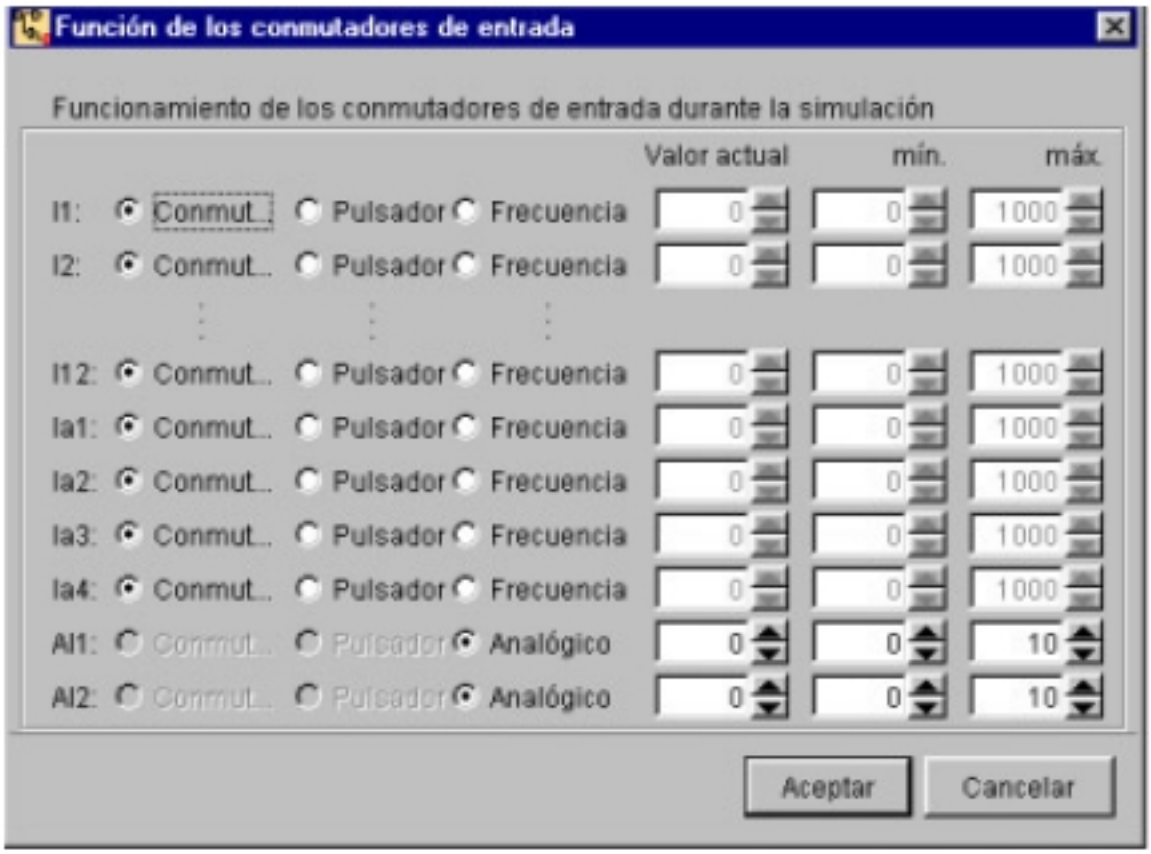


Figura 18 FUNCIONES DE ENTRADAS

Puede determinarse cuatro tipos de entradas diferentes, para cada una de las distintas entradas

- Interruptor
- Pulsador
- Frecuencia
- Analógico

El **Interruptor** ya se ha dicho que **se acciona con un clic y permanece activado hasta que se hace un nuevo clic.**

El **pulsador** solo está **activo mientras se mantiene apretado el pulsador del ratón**.

La **frecuencia** de la entrada **puede ajustarse previamente**, o modificar en el transcurso de la simulación y viene expresada en Hercios (Hz) y **sólo se activa con el interruptor umbral de frecuencia.**

La entrada **analógica** puede **ajustarse previamente o modificarse durante el ensayo**, **la unidad de ajuste es voltio**. Las entradas analógicas se identifican con **I** y también con I_a para **entradas del bus ASi**

Entradas analógicas y de frecuencia

La representación de las entradas analógicas y de frecuencia tienen una estructura que permite determinar el valor de la tensión analógica o la frecuencia, a través de **un regulador progresivo**, en caso de que se desee introducir un valor más exacto **se puede incrementar o disminuir mediante los botones correspondientes.**

± **Entrada de frecuencia**

Figura 19 ENTRADA DE FRECUENCIA EN Hz

Figura 20 ENTRADA ANALÓGICA EN VOLTIOS

Alternativa de simulación

También **es posible activar la simulación de los interruptores pulsando directamente sobre ellos**, aunque se haya desactivado la simulación.

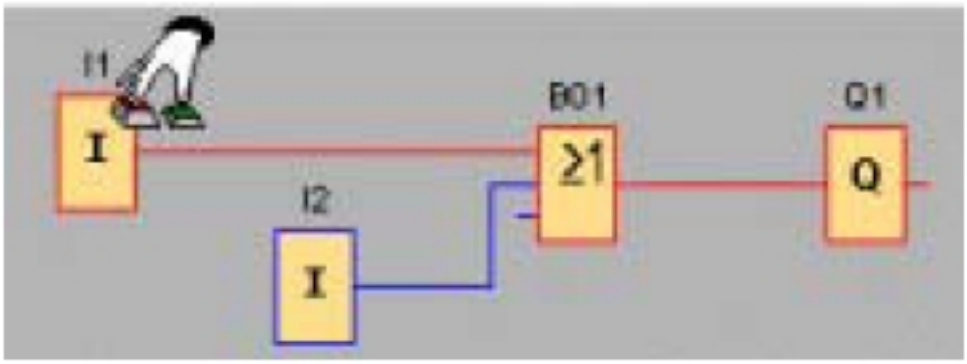


Figura 21 ACTIVACIÓN DIRECTA DE LAS ENTRADAS

Si durante el transcurso de la simulación **se hace doble clic en un módulo, aparece la ventana de propiedades del bloque**. En el modo de programación, también se pueden introducir comentarios y modificar parámetros.

Figura 22 VARIAR LOS PARÁMETROS DURANTE LA SIMULACIÓN

Durante la simulación se indica los valores actuales de los parámetros. Gracias a esta posibilidad de análisis se puede reproducir el comportamiento del programa de conexiones. Durante la simulación pueden estar abiertas varias ventanas de parámetros. Para ello pueden reducirse las ventanas y solo puede verse los valores actuales.

8. BARRA DE HERRAMIENTAS ESTÁNDAR

La barra de herramientas estándar contiene, de izquierda a derecha, los comandos siguientes:

- **Fichero Nuevo, Abrir fichero y Guardar**
- **Cortar, Copiar, Insertar, Deshacer, Rehacer**
- **Alineación vertical, alineación horizontal**
- **Cargar al PC, Descargar en programador**
- **Aumentar tamaño, reducir tamaño**

Fichero nuevo

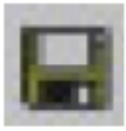
Se crea una plataforma nueva y **se pierde la actual**, si previamente se ha seleccionado una parte de la plataforma actual con Copiar o cortar se puede añadir a la plataforma nueva con Insertar.

Si se ha abierto un programa, y se modifica, **antes de abrir un fichero nuevo el sistema pregunta si se quiere guardar la modificación**.

Abrir fichero

Cuando se inicia el programa el estado de la plataforma es vacío, **se puede llamar un programa que previamente haya sido almacenado con la extensión .lgo creado por el usuario o bajo la extensión .lsc en el registro del sistema**. Si, antes de abrir un fichero, se ha copiado parte o todo de la plataforma actual **se puede añadir al nuevo fichero con insertar**. Antes de abrir el nuevo fichero se preguntará si se guardan las modificaciones. Si no ha habido modificaciones, o el programa ha sido previamente guardado, la pregunta no aparece.

Guardar fichero



Guarda la pantalla en el fichero New Folder con la extensión .lsc

Cortar objeto marcado

Los objetos marcados **se cortan y se depositan en la bandeja interna del programa**

Copiar objeto marcado

Copia los objetos marcados y **los deposita en la bandeja interna del programa**, sin borrarlo de la plataforma

Insertar objeto

Inserta los objetos depositados en la bandeja provisional en el lugar que se fije previamente con un clic del ratón

Anular acción

Permite **rehacer hasta diez operaciones anteriores**

Rehacer acción anulada

Permite **rehacer hasta diez acciones anuladas**

Alinear verticalmente objetos marcados

Los objetos marcados previamente **se alinean verticalmente por la derecha**

Alinear horizontalmente objetos marcados

Los objetos marcados previamente **se alinean horizontalmente por la parte superior**

PC ö LOGO! (descarga)

El programa creado en el PC, **se transfiere al autómata mediante conexión adecuada entre ordenador y autómata**

LOGO! ö PC (carga)

El programa cargado en el autómata **se transfiere al PC, mediante conexión adecuada**

Ampliar o reducir la vista

ö **Amplía** ö **Reduce**

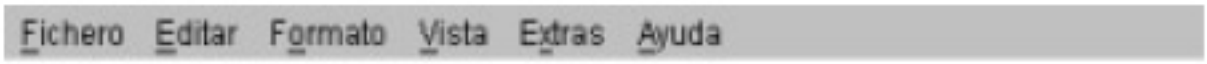
Modifica la vista desde

100 ö **150** ö **200** ö **250** ö **300** ö **400** (**máximo**)

100 ö **75** ö **50** ö **25** (**mínimo**)

9. DESCRIPCIÓN DE LA BARRA DE MENÚS

Existen **seis opciones** que son:



- **Fichero**
- **Editar**
- **Formato**
- **Vistas**
- **Extras**
- **Ayuda**

Fichero

En este menú se incluye las **opciones de gestión de ficheros**, como **Nuevo**, **Abrir**, **Guardar**, al mismo tiempo **se incluyen las opciones de impresión** y ajuste de las propiedades generales de ficheros.

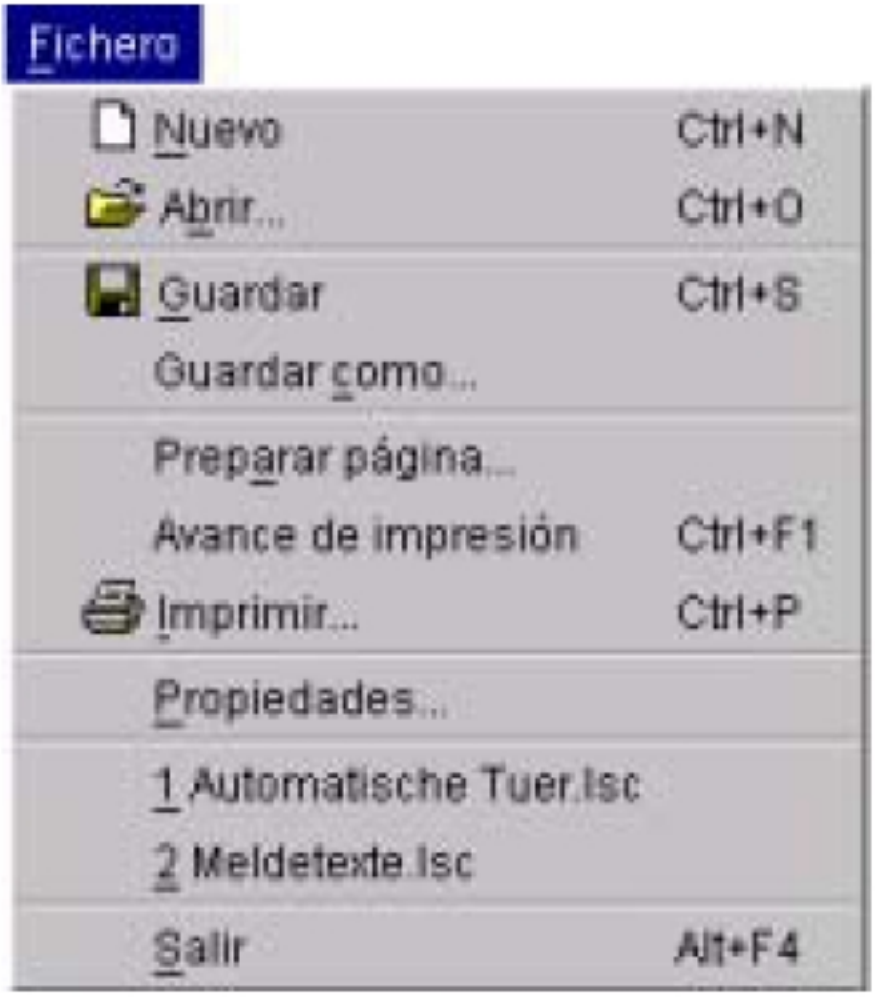


Figura 23 OPCIONES DE FICHERO

Nuevo

Para evitar el borrado involuntario el programa pregunta si antes **se desea guardar el documento en uso.**

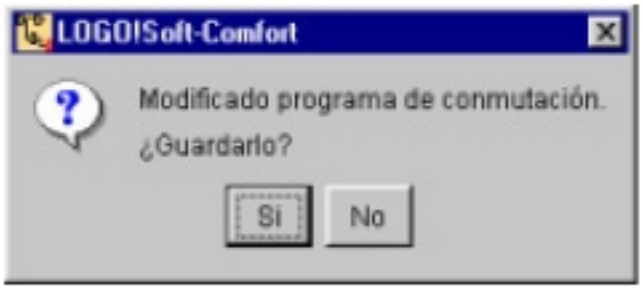


Figura 24 OPCIONES DE GUARDAR

Abrir

Una vez solicitado un nuevo archivo, se abre el menú de opciones, para cargar el programa ya creado con **extensión .lsc**

El programa tarde unos segundos en cargarse, y durante este tiempo aparece una ventana que marcar gráficamente el avance progresivo de la carga.

Figura 25 TIEMPO DE CARGA DEL ARCHIVO

Guardar

El procedimiento **inverso de abrir** fichero es el que se sigue para guardarlo apareciendo la ventana del avance progresivo de grabado

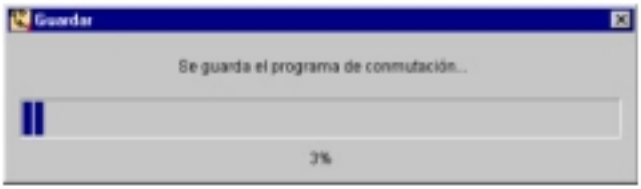


Figura 26 TIEMPO DE GRABADO DEL ARCHIVO

Guardar como...

Cuando se prefiera guardar un programa abierto del archivo **con un nombre diferente**, bien porque se le han hecho modificaciones o bien porque se quiera tener dos versiones del mismo programa, se graba con Guardar como...

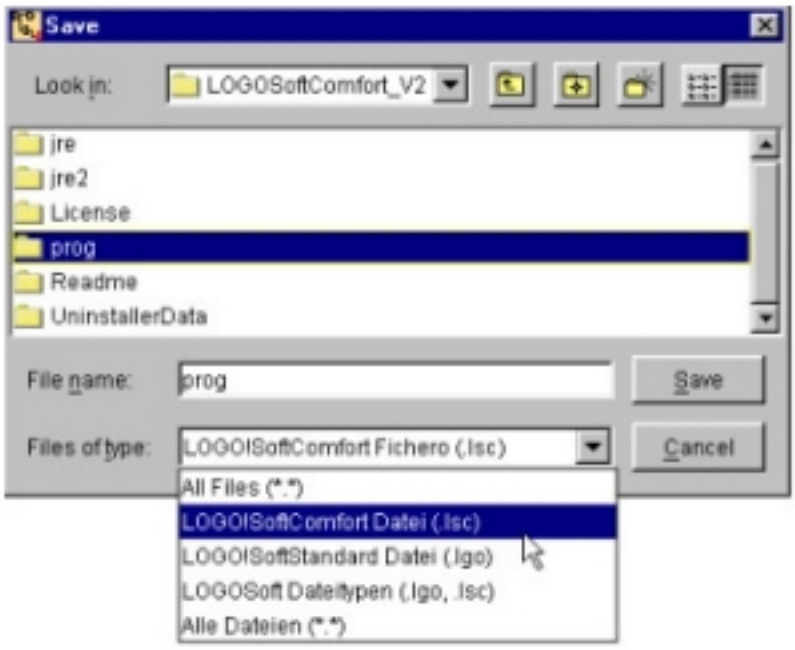


Figura 27 OPCIONES DE GUARDAR COMO...

Imprimir

Antes de imprimir un programa **es necesario ajustar la impresora** con:

} **Preparar página**
} **Avance de impresión**
} **Propiedades**
} **Imprimir**

Preparar página

Se trata de **ajustar el área no imprimible**, que vería de unas impresoras a otras.

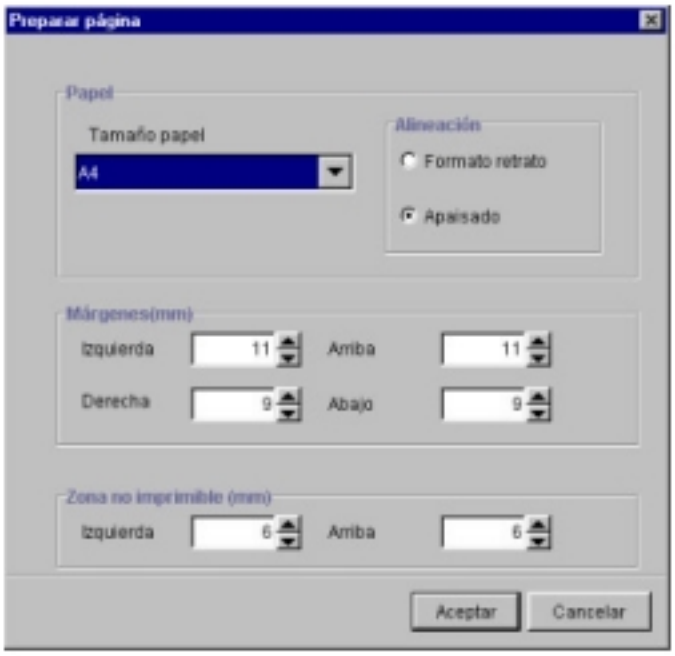


Figura 28 OPCIONES DE MÁRGENES DE PÁGINA

Avance de impresión

Mediante esta opción puede **verse como quedará la impresión antes de usar la impresora**, si es conforme de activa la impresión y si es necesario rectificar se cancela y se vuelve a la opción preparar página o la opción de propiedades.

Propiedades

Se utiliza para formar un **registro de programas**. Para ello se dispone de tres tarjetas

- **Propiedades (datos generales)**
- **Imagen de la empresa (incluir el logo de la empresa)**
- **Comentarios (datos internos de la compañía)**

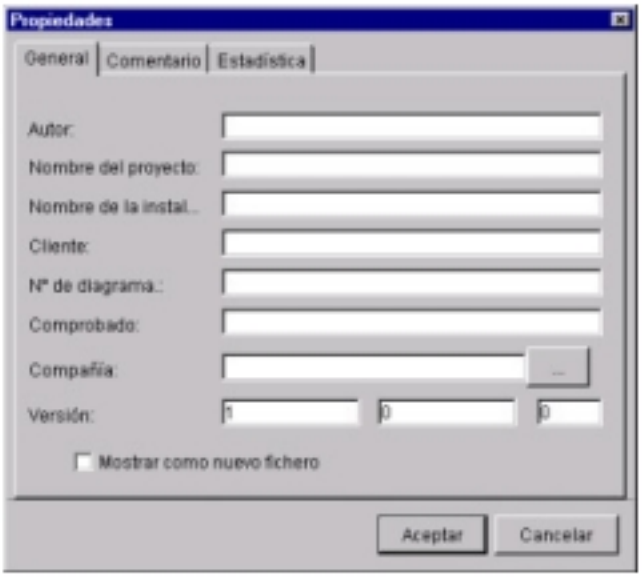


Figura 29 PROPIEDADES DEL PROGRAMA

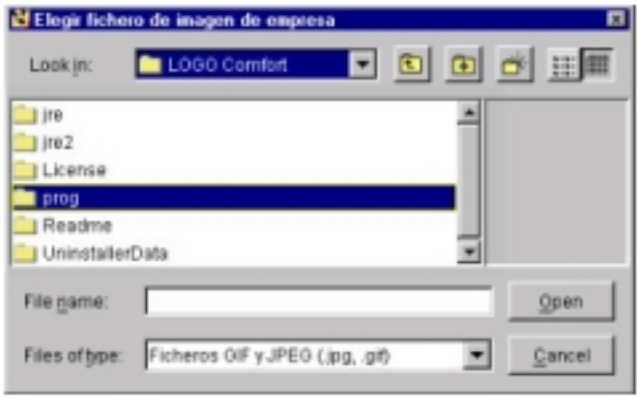


Figura 30 IMAGEN DE EMPRESA

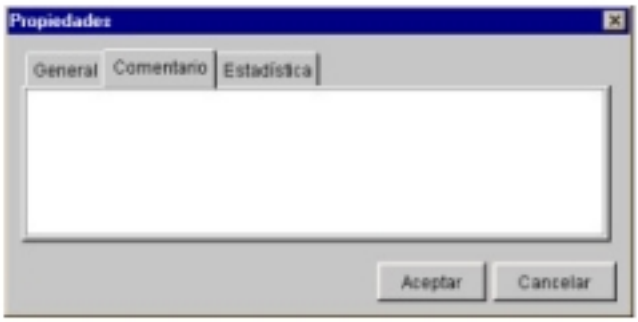


Figura 31 COMENTARIOS AL PROGRAMA

Pulsando en la **pestaña de estadística** se puede leer **cuando se creó el programa** y cuando se realizó la última modificación.

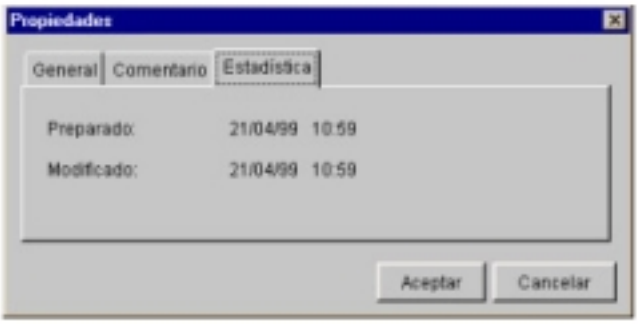


Figura 32 ESTADÍSTICAS DEL PROGRAMA

Imprimir

Utiliza el programa de la propia impresora para **determinar la cantidad de copias** y **la calidad de la impresión**.

10. SALIR

Cierra la aplicación de **LogoSoft Comfort V2.0**

11. BLOQUES PARA REALIZACIÓN DE PROGRAMAS

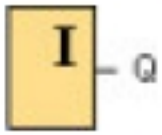
Los bloques simbolizan "pinzas" de enlace o **funciones de diferentes tipos**, que se caracterizan con abreviaturas

Tipo de bloque	Símbolo	Tipo de bloque	Símbolo
Entrada	I	Marcador	M
Entrada ASi	Ia	Nivel High	Hi
Salida	Q	Nivel Low	Lo
Salida ASi	Qa	Función	B

Siempre que se inserte un bloque, **el sisteme la asigna un número de bloque**, que aparece en la parte superior del símbolo insertado. Este número sirve como indicación de vinculo y **puede ser cambiado mediante pantalla de parámetros**. Estos símbolos son una representación de las entradas y salidas reales del autómata.

Los bloques **High** y **Low** no tienen ninguna indicación numérica, puesto que no varían y resulta innecesaria su definición.

Bloque de entrada

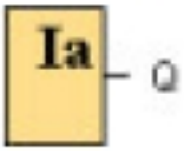


Representa la pinza de **una entrada** de un LOGO!. Pueden aplicarse **hasta 12 entradas**. Su numeración depende del orden en que hayan sido añadidos, **si se borra alguna entrada, las demás entradas no se remuneran permanecen con su numeración de orden asignado**. Mediante **la tabla de parámetros se puede modificar el número de entrada y añadir comentarios**

Figura 33 PARÁMETROS DE ENTRADAS

La entrada puede tener una o varias salidas, **todas parten del mismo punto Q**

Entrada ASi



Las **entradas por conexión Bus ASi** pueden ser **4 como máximo** llevan asignación B11. También se le puede variar los parámetros de asignación y añadir comentarios.

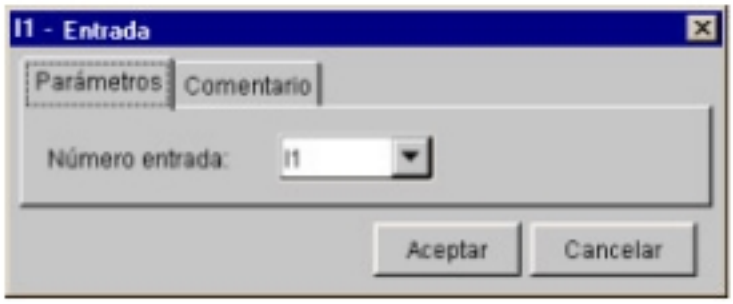
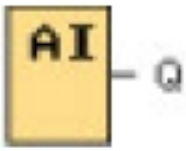


Figura 34 PARÁMETROS DE ENTRADAS ASi

Entradas analógicas



Con asignación 12/24RC, 132/24Rco y 24RC, **permiten procesar señales analógicas**. Se pueden aplicar **hasta 2 entradas**. Mediante parámetro de bloque, se puede asignar entradas diferentes.

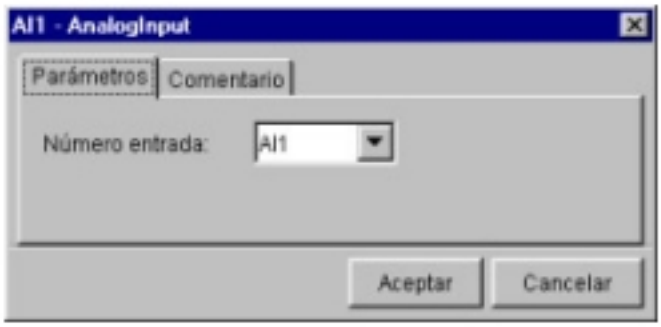


Figura 35 PARÁMETROS DE ENTRADAS ANALÓGICAS

Las entradas, y salidas, están en la **barra de herramientas Co**

Salidas

Los bloques de salida representan los bloques de salida de LOGO!, pudiéndose aplicar hasta **8 salidas**. A la numeración de las salidas se les pueden variar sus parámetros mediante asignación expresa

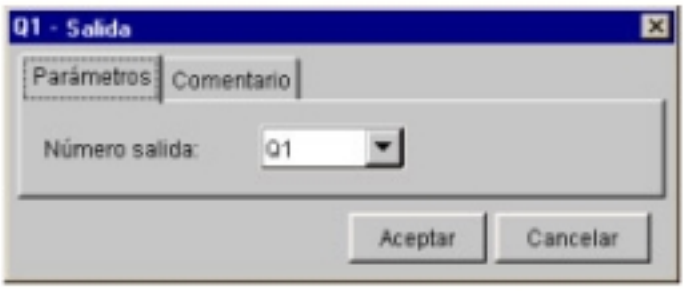


Figura 36 PARÁMETROS DE SALIDAS

Salidas Qa

Las variantes con asignación B11 ofrecen la **posibilidad de una conexión al bus ASi**. Pudiéndose utilizar **hasta 4 salidas** (la misma cantidad que de entradas la).

Igualmente, el programa ofrece la posibilidad de alterar la numeración automática y permite variar los parámetros de salida Qa

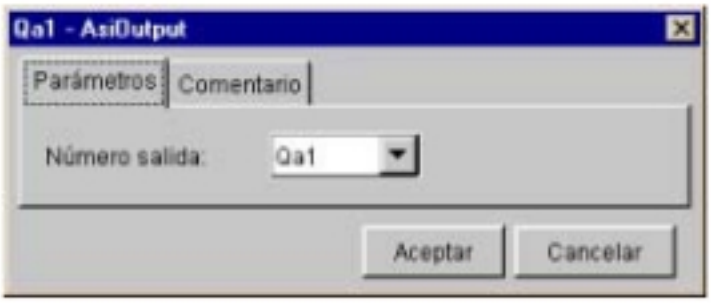
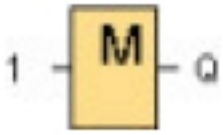


Figura 37 PARÁMETROS DE SALIDAS AL BUS ASi

Marcadores



Los bloques marcadores **devuelven, a su salida, la señal que se solicita a su entrada**. El programa permite **hasta 8 marcadores**. La asignación de numeración puede ser alterada mediante nuevo parámetros.

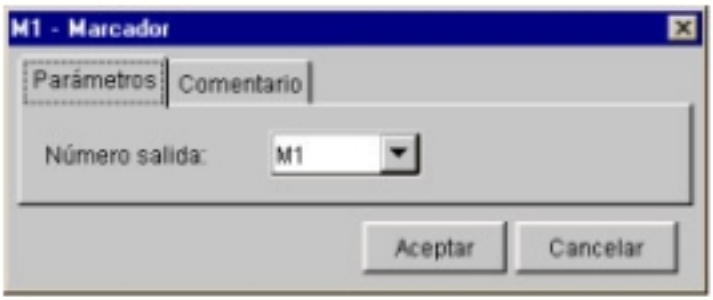
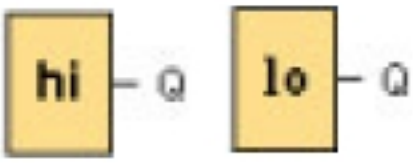


Figura 38 PARÁMETROS DE MARCADORES

Nivel fijo



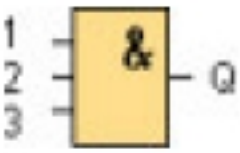
Si la entrada de un bloque siempre se solicita el valor **"1"** o **"H"**, se puede justificar la entrada **hi (high)**. Si la entrada de un bloque siempre se solicita el valor **"0"** o **"L"**, se puede justificar su entrada **lo (low).**

Los valores de estos bloques al ser fijos, **no se les permite variar sus parámetros**

12. FUNCIONES BÁSICAS

Se encuentran en la barra de **herramientas GF**

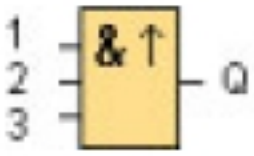
AND



Permiten **todas las variantes de la tabla de la verdad** que **multiplica las tres entradas y una salida.**

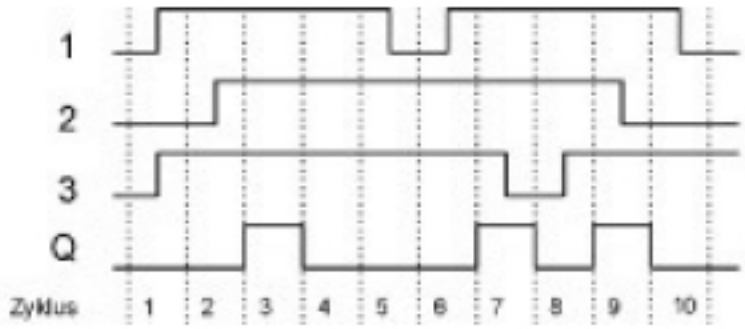
Si un **pin no está cableado, automáticamente toma el valor 1**

AND con evaluación de flanco



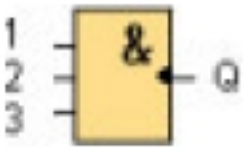
La evaluación de flancos, **sólo admite estado 1** si **todas las entradas tienen estado 1** y en el ciclo precedente tenía estado 0 por lo menos en una entrada.

Si un pin de entrada de este bloque no está cableado, toma **automáticamente el valor 1.**



CRONOGRAMA PARA AND CON EVALUACIÓN DE FLANCO

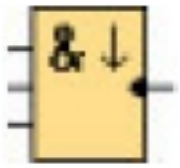
NAND



La **salida negada de y = NAND (not-AND)** responde a la tabla de la verdad para **tres entradas y una salida negada.**

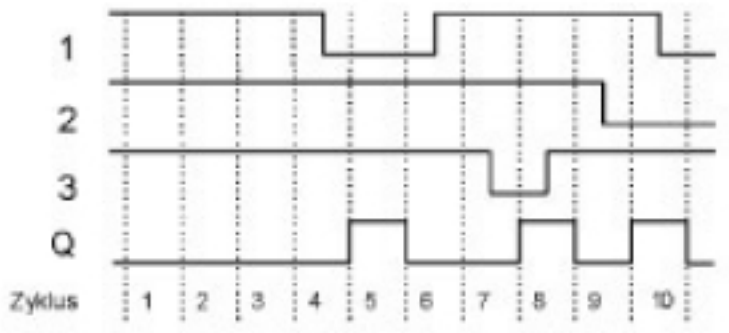
Si un pin de entrada no está cableado automáticamente toma el valor de 1

NAND con evaluación de flanco



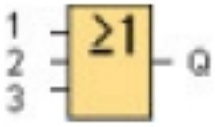
La salida **NAND con evaluación de flanco sólo admite estado 1 si por lo menos una entrada tiene estado 0 y en el ciclo precedente tenía estado 1 todas las entradas**.

Si un pin de entrada de este bloque no está conectado, toma **automáticamente el valor 1.**



CRONOGRAMA PARA NAND CON EVALUACIÓN DE FLANCO

OR

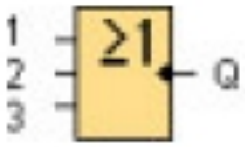


La **salida OR sólo admite estado 1 si al menos una de las entradas tiene valor 1**, es decir, está cerrada.

Si un pin de entrada no está cableado, automáticamente **toma el valor 0**

La tabla de la verdad corresponde a la **suma de tres entradas para una salida**.

NOR

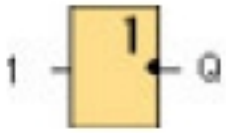


NOR (not-OR) es la salida negada de O. Siempre es 1 cuando todas las entradas valen 0, es decir, permanecen abiertas. Tan pronto como alguna entrada está conectada (estado 1), la salida se considera desconectada.

Si un pin de entrada no está conectado, automáticamente **toma el valor 0**

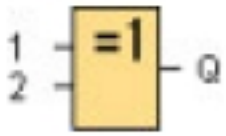
La tabla de la verdad es **la suma negada de tres entradas**.

NOT



La función NOT invierte el valor de la entrada, si la entrada es 0 la salida es 1, si la entrada es 1 la salida será 0

XOR



La salida XOR (OR exclusive) toma el valor 1 cuando las entradas tienen valores diferentes.

Si **un pin de entrada de este bloque no está cableado**, automáticamente **toma el valor 0**

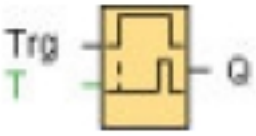
Tabla de la verdad para XOR

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

13. FUNCIONES ESPECIALES

Se encuentran en la **barra de herramientas SF**

Demora de conexión



Mediante parámetros se puede establecer la conexión de salida según un valor temporal asignado

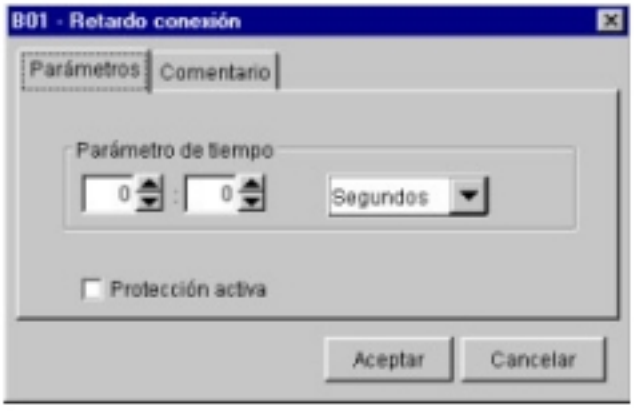
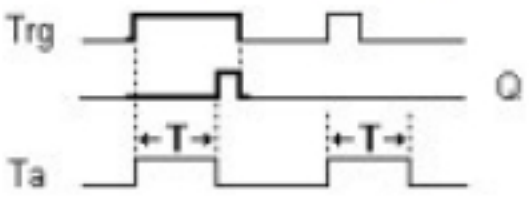


Figura 39 PARÁMETROS DE RETARDO A LA CONEXIÓN

Si el valor de entrada **Trg** pasa de **0 a 1, se inicia el tiempo Ta**.



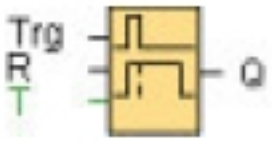
Ta es el **tiempo actual**. Si el estado de la entrada **Trg** permanece el tiempo suficiente en 1, la salida tomará el valor 1 tras trascurrir el tiempo **T** . Así **la conexión de salida se demora respecto de la entrada.**

Si el estado de la entrada **Trg** cambia nuevamente a 0 antes de transcurrir el tiempo **T**, **se repone otra vez el tiempo**.

La salida tomará nuevamente el **valor 0** cuando la entrada **Trg** lleva aplicado el **valor 0**

Tras **una caída de red se restablece nuevamente el tiempo ya trascurrido**.

Demora de desconexión



Mediante la demora de desconexión se puede restablecer la salida tras un valor asignado.

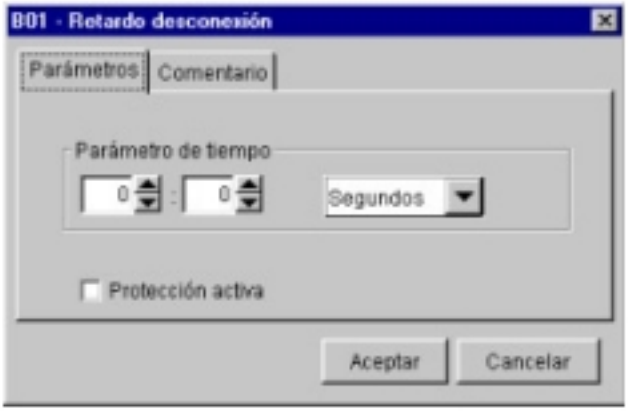
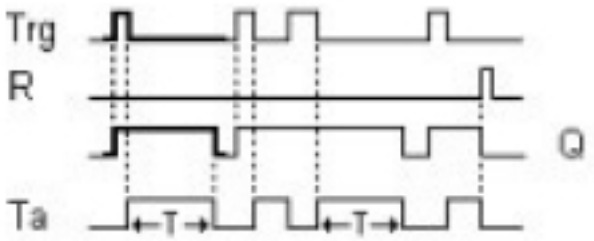


Figura 40 PARÁMETROS DE RETARDO A LA DESCONEXIÓN

Si se activa la casilla de control proteger, **se evita que este valor sea modificado**

Si la entrada **Trg** toma el **valor 1**, entonces la salida **Q** pasará inmediatamente a **estado 1**. Si el valor de **Trg** pasa **de 1 a 0**, comienza el tiempo **Ta** definido en ese momento y la salida permanecerá con el valor establecido. Cuando **Ta** alcanza el valor establecido con **T** (es decir, **Ta = T**), la salida **Q** recupera el **valor 0**

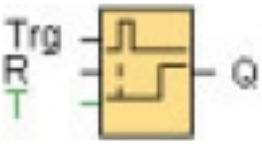


Cuando la entrada **Trg** se conecta nuevamente **el tiempo T comienza de nuevo**.

Mediante **entrada R (Reset)** se restaura el tiempo **Ta** y la salida, **antes** de que el tiempo **Ta** haya transcurrido completamente.

Tras **una caída de red se restablece el tiempo ya transcurrido**.

Demora de conexión de almacenamiento



Tras **un impulso de entrada, transcurre un tiempo**, que puede ser parametrado, **tras el cual se activa la salida.**

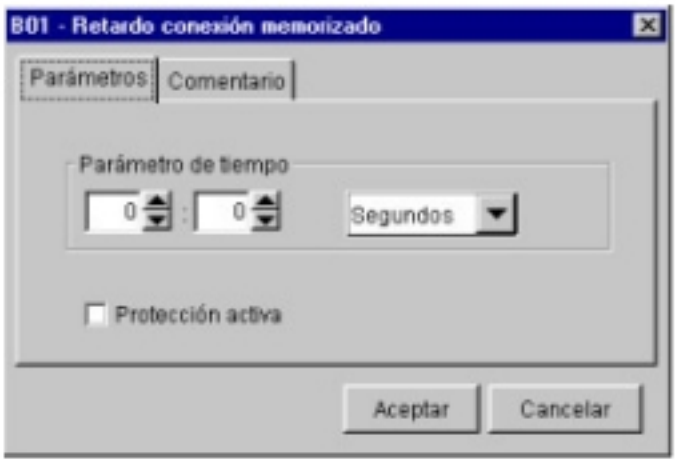
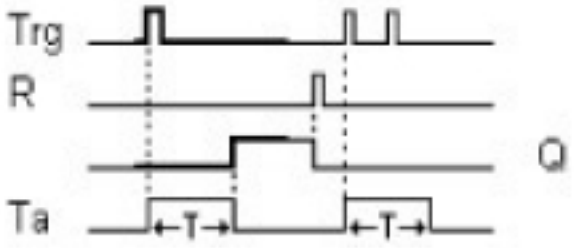


Figura 41 PARÁMETROS DE RETARDO A LA CONEXIÓN MEMORIZADA

Si la entrada **Trg** pasa del estado **0 a 1**, comienza a transcurrir el tiempo actual **Ta**. Una vez que el tiempo **T** alcanza el **Ta**, la salida **Q** pasa **al estado 1**. Una nueva conexión de la entrada **Trg no tiene efecto sobre Ta**.



La salida y el tiempo **Ta** se restablecen nuevamente a **0** cuando la entrada **R (Reset)** toma **estado 1**.

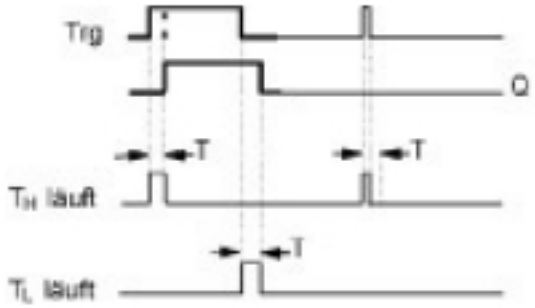
Tras **una caída de red se restablece nuevamente el tiempo ya transcurrido**.

Demora de conexión/desconexión

En la **demora** de **conexión/desconexión** es **interconectada la salida al cabo de un tiempo ajustable con parámetros** y la respuesta con otro parámetro que puede ser distinto.

FIGURA 42 PARÁMETROS DE RETARDO A LA CONEXIÓN Y DESCONEXIÓN

Cuando el estado de entrada **Trg pasa de 0 a 1**, se inicia el tiempo **Th**



Si el estado de la entrada **Trg permanece en 1** por lo menos mientras dure el tiempo establecido **Th**, la **salida es conmutada a 1** tras transcurrir el tiempo **Th** (la salida es activada posteriormente a la entrada).

Si el estado de la entrada **Trg** pasa **nuevamente a 0** antes de terminar el tiempo **Th**, **es repuesto este tiempo**.

Cuando el estado de **la entrada pase nuevamente a 0**, se **inicia el tiempo Tl**.

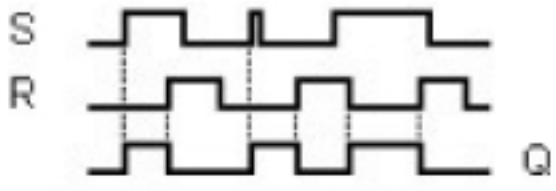
Si el estado de la entrada **Trg** permanece **en 0** por lo menos mientras dure el tiempo establecido **Tl**, la salida **es conmutada a 0** tras transcurrir el tiempo **Tl** (la salida es desactivada posteriormente a la entrada)

Si el estado de la entrada **Trg pasa nuevamente a 1** antes de terminar el tiempo **Tl**, es **repuesto este tiempo**.

Tras **una caída de red se restablece nuevamente el tiempo ya transcurrido**.

Relé de parada automática

Mediante la entrada **S** se establece la salida **Q**, mediente otra entrada **R** se restaura el valor de salida



Un relé de parada automática es, simplemente una celda de almacenamiento binario. **El valor de la salida depende del estado de las entradas y del estado anterior de la salida.**

Tabla de la verdad de parada automática.

S	R	Q	Significado
0	0	X	Estado no varia
0	1	0	Se restaura
1	0	1	Se establece
1	1	0	Se restaura

Con el parámetro **PAR** se **conecta (on)** y **desconecta (off)** **la remanencia**.

Activación de la remanencia

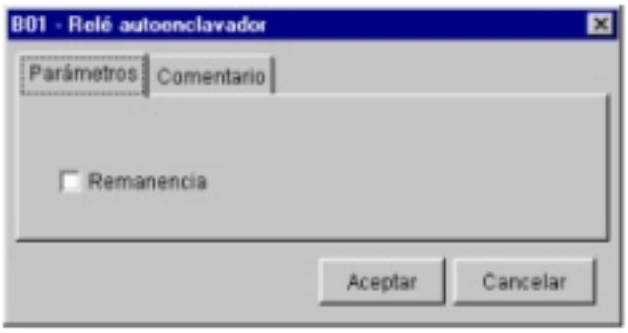
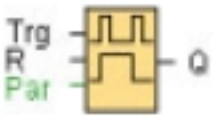


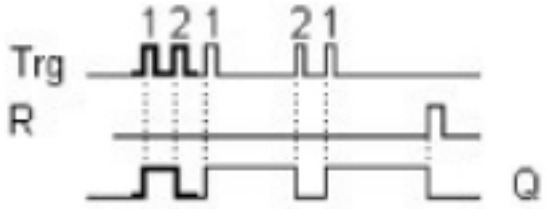
FIGURA 43 PARÁMETROS DE CONEXIÓN Y DESCONEXIÓN DE LA REMANENCIA

Relé de impulsos



La activación y desactivación de la salida **se realiza mediante un breve impulso en la entrada.**

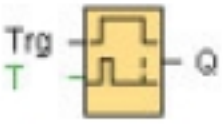
Cada vez que el estado de la entrada **Trg** pasa de 0 a 1, la salida **Q** modifica su estado, es decir, se conecta o desconecta.



Mediante la entrada **R** se restablece el estado de salida del relé de impulsos. Tras una conexión de red o un **reset**, el relé de impulsos se restablece y la salida **Q pasa a 0**

Con el parámetro **PAR** se conecta (on) y desconecta (off) la remanencia (figura 44).

Relé disparador/emisión de impulsos



Cuando la entrada **Trg** toma el valor 1, la salida **Q** pasa entonces inmediatamente a estado 1. Al mismo tiempo comienza a transcurrir el tiempo **Ta** definido en ese momento y la salida se mantiene establecida. Cuando **Ta** alcanza el valor determinado para **T** (**Ta = T**), la salida **Q** se restablece a estado 0 (emisión de impulsos)

Si antes de transcurrido el tiempo determinado la entrada **Trg** pasa de 1 a 0, la salida se cambia entonces de 1 a 0.

El parámetro **T** es el tiempo que tarda en desconectarse la salida, este parámetro puede ser protegido al establecer el tiempo.

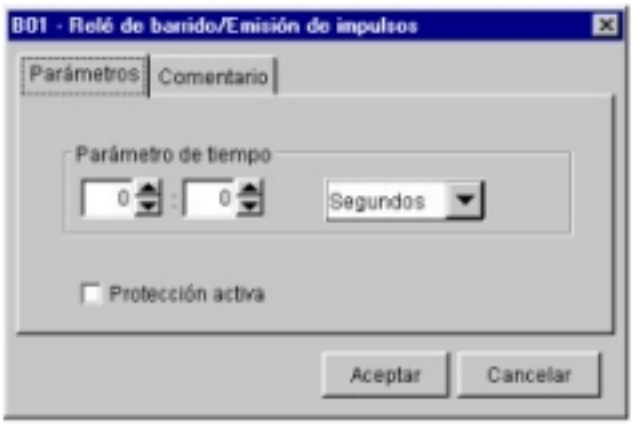
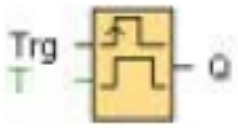


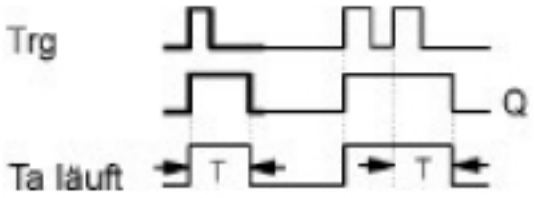
FIGURA 44 PARÁMETROS DE DESCONEXIÓN

Relé disipador activado por flanco



Una señal de entrada genera a la salida una señal de duración ajustable (reactivable).

Cuando al entrada **Trg** ocupa el estado 1, la salida **Q** se conmuta al estado 1. Al mismo tiempo se inicia **Ta.** Cuando **Ta** alcanza el valor determinado para **T** (**Ta = T**), la salida **Q** se restablece a estado 0 (emisión de impulsos)

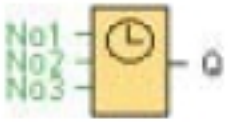


Si la entrada **Trg** pasa nuevamente de 0 a 1 antes de transcurrir predeterminado (reactivación), es repuesto el tiempo **Ta** y la salida permanece conectada.

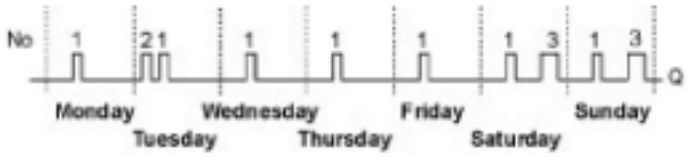
Parámetro del tiempo

FIGURA 45 PARÁMETROS DE TIEMPO ACTIVADO

Temporizador semanal



La salida se controla **mediante una fecha** cuyos parámetros se ajustan a voluntad, tanto en conexión como desconexión. Es posible cualquier combinación de días de la semana. **Los días de la semana activos se seleccionan ocultando los días de la semana no activos**.



Cada temporizador semanal tiene **tres levas de ajuste**, en cada una de las cuales se pueden ajustar sus parámetros en una ventana de tiempo. **Mediante las levas se determina el momento el momento de conexión y desconexión**. En un instante de conexión, el temporizador semanal activa la salida y si ésta no estuviese aún conectada.

FIGURA 46 PARÁMETROS DE TEMPORIZADOR SEMANAL

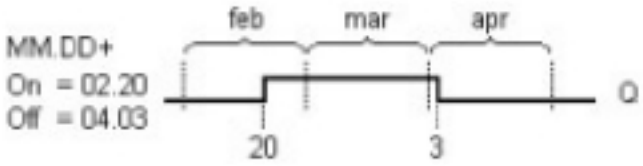
En un instante de desconexión, el temporizador semanal desactiva la salida si ésta no estuviese aún conectada. **Caso de activarse dos levas distintas a la misma hora, resultará una contradicción. En este caso la leva 3 tiene preferencia sobre la leva 2 y esta sobre la leva 1.**

El reloj posee una **reserva de marcha de 80 horas**, en caso de caída de la tensión en Red.

Temporizador anual

La salida se controla **mediante una flecha de activación** cuyos parámetros son ajustables.

Cada temporizador anual tiene un tiempo de conexión y desconexión



En un determinado momento de conexión, el temporizador anual conecta la salida, y en un momento de desconexión fijado, la desconecta. La fecha de desconexión caracteriza el día en que se repone la salida nuevamente a 0.

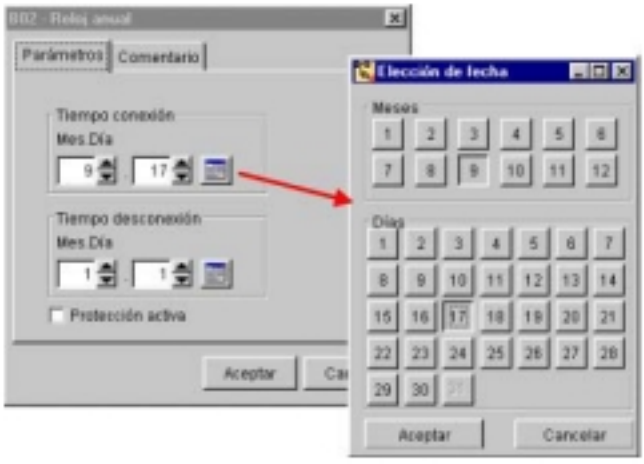


FIGURA 47 PARÁMETROS DE TEMPORIZADOR ANUAL

El reloj posee una reserva de marcha de 80 horas, en caso de caída de la tensión en Red.

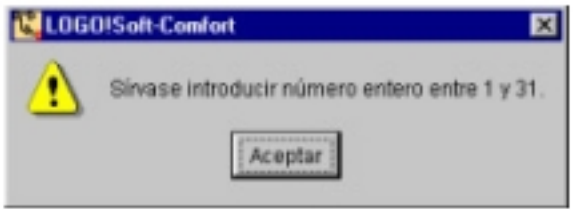
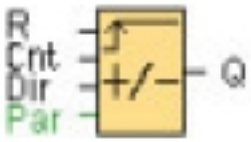
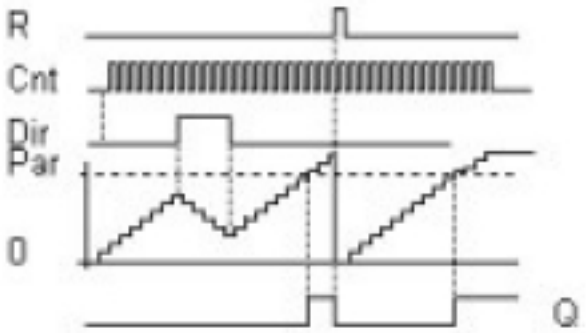


FIGURA 48 MENSAJES DE ERROR EN LA NUMERACIÓN

Contador progresivo/regresivo



Según se haya ajustado sus parámetros, un contador interno salta hacia arriba o hacia abajo por cada impulso de entrada. Al alcanzar el valor de cómputo programado, es activada la salida. El sentido de cómputo puede invertirse a través de una entrada específica denominada **Dir**



Por cada flanco positivo de entrada **Cnt**, se incrementa en uno (**Dir = 0**) o disminuye en uno, si (**Dir = 1**)

Cuando el valor de cómputo interno es igual o superior que el asignado a **Par**, la salida **Q** pasa a 1

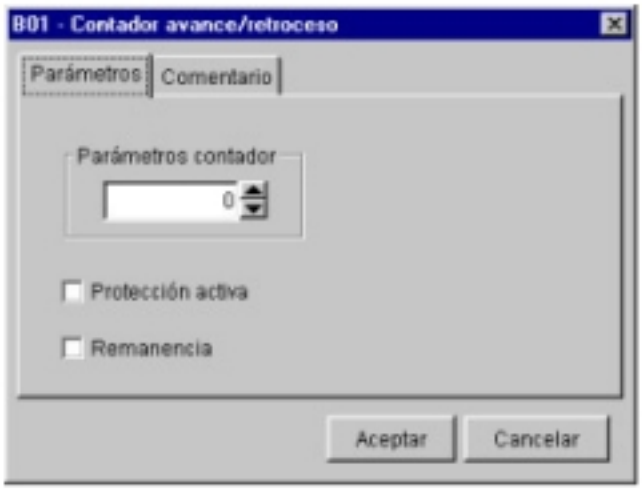
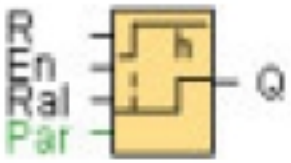


FIGURA 49 PARÁMETROS DE CONTADOR DE IMPULSOS

Con la entrada **R (reset)** se restablece el valor a 0, aunque no se haya llegado al final del conteo.

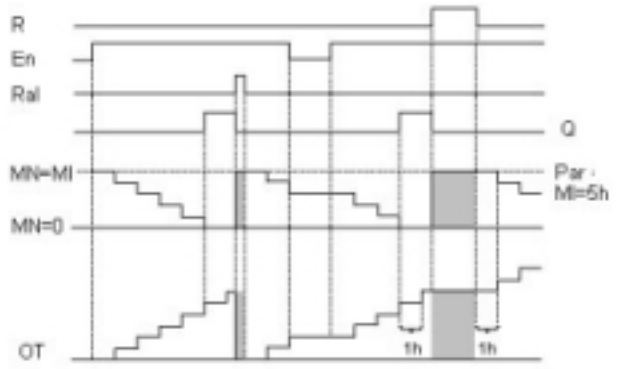
Con remanencia activada no se pierde el conteo aunque se interrumpa la tensión de entrada.

Contador de horas de servicio



Cuando la entrada es activada transcurre un período de tiempo ajustable mediante parámetros. **La salida se activa cuando ha transcurrido este período**.

El contador de horas de servicios supervisa la entrada **En**. Mientras se mantiene el valor 1 en esta entrada el programa determina el tiempo transcurrido y el tiempo restante y muestra el tiempo en el modo servicio. Cuando el tiempo restante toma el valor 0 la salidas **Q** toma el valor 1



Con **reset** se restablece la salida **Q** y el contador toma el valor que le fuese asignado

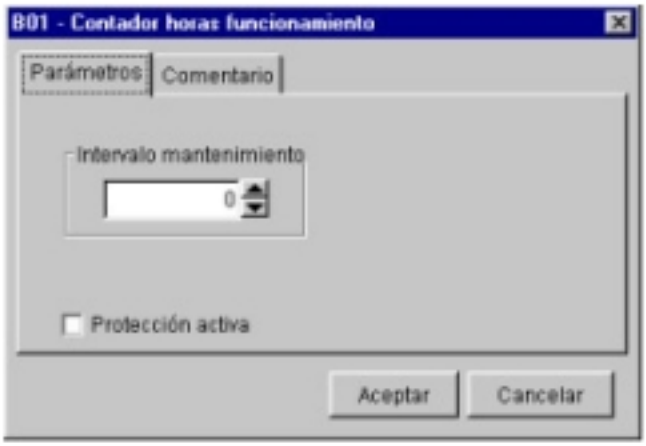
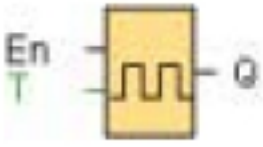


FIGURA 50 PARÁMETROS DE CONTADOR DE HORAS

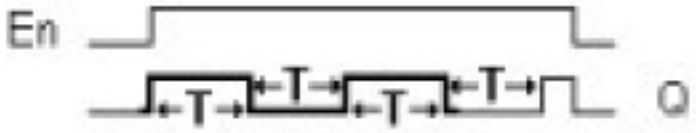
La protección activa preserva el valor transcurrido en caso de una eventual falta de corriente.

Generador de reloj simétrico



A la salida se emite una señal de cadencia, con duración del período que de haya Parametrado.

Mediante el parámetro **T**, se determina cuál debe ser la duración del tiempo de conexión y desconexión. Mediante una entrada **En (Endable = disponible)** se conecta el generador de reloj. Éste pone a 1 la salida durante el tiempo **T**, a continuación a 0, y así sucesivamente, hasta que la entrada **En** toma el valor 0.



Debe de asignarse un valor de un segundo o superior, ya que menor tiempo no queda registrado.

Mediante el establecimiento de parámetros **se pueden designar tiempos definidos en segundos, minutos u horas.**

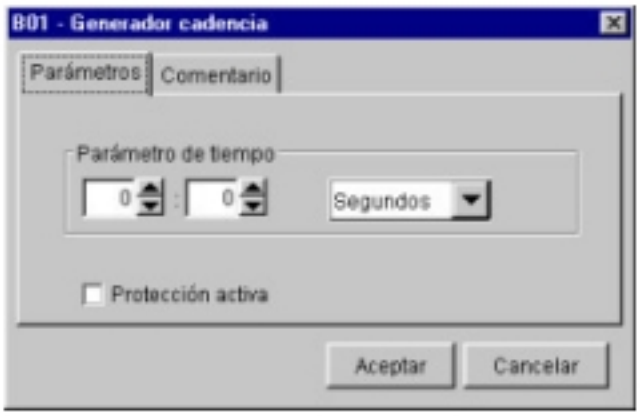
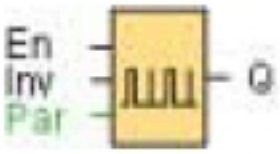


FIGURA 51 PARÁMETROS DEL GENERADOR DE IMPULSOS

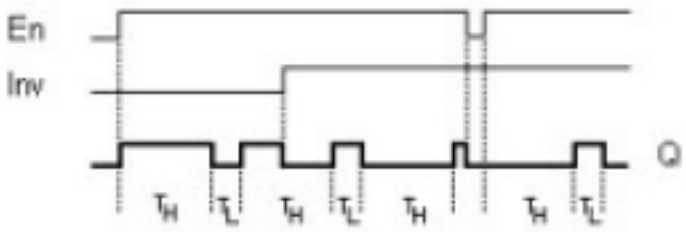
Generador de impulsos asíncrono



La forma del **impulso de salida puede ser modificada a través de parámetros de impulsos/pausa definidos en segundos, minutos y horas**.

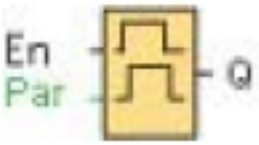
FIGURA 52 PARÁMETROS DE GENERADOR DE IMPULSOS

Los parámetros **Th** y **Tl** permiten ajustar la duración y la pausa del impulso



La entrada **INV** permite la inversión de la salida. La entrada **INV** infiere una negación de la salida sólo cuando el bloque funcional está activado a través de **EN**.

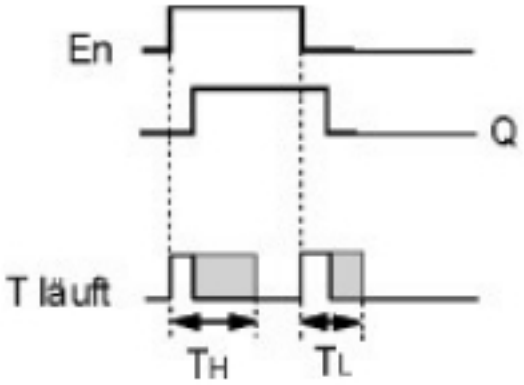
Generador aleatorio



Con el generador aleatorio es conectada y desconectada nuevamente la salida dentro de un tiempo máximo establecido en los parámetros de conexión y desconexión

FIGURA 53 PARÁMETROS DEL GENERADOR ALEATORIO

Cuando el estado en la entrada **En** pasa de 0 a 1, se inicia casualmente un tiempo para la conexión comprendido entre 0 s y Th. Si el estado en la entrada **En** permanece en 1 por lo menos mientras dure el tiempo para la demora de conexión, se activa la salida a 1 una vez transcurrido este tiempo.



Si el estado de la entrada **En** cambia nuevamente a 0 antes de transcurrir el tiempo de conexión, se repone este tiempo.

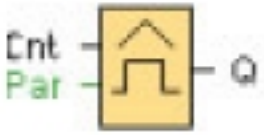
Cuando el estado de la entrada **En** pasa de nuevo a 0, se determina e inicia casualmente el tiempo para la desconexión comprendido entre 0 s y **Tl**.

Si el estado en la entrada **En** permanece en 0 por lo menos mientras dure el tiempo para la demora de desconexión, se activa la salida a 0 una vez transcurrido este tiempo.

Si el estado de la entrada En cambia nuevamente a 1 antes de transcurrir el tiempo para la demora de desconexión, se repone este tiempo.

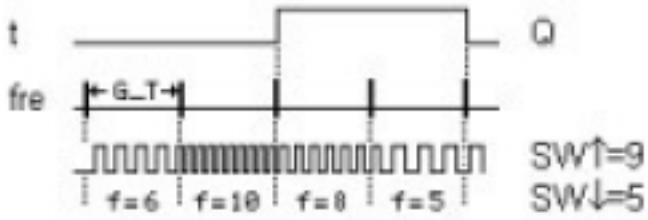
Tras un corte de corriente se restablece nuevamente el tiempo ya transcurrido.

Conmutador de valor de umbral para frecuencia



La salida se activa y desactiva **en función de dos frecuencias programadas.**

FIGURA 54 PARÁMETROS DEL SELECTOR DE UMBRAL



SW8 es el **umbral de conexión.**

SW9 es el **umbral de desconexión.**

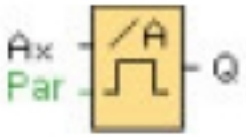
G...T es el **intervalo de tiempo**

El conmutador de valor umbral o discriminador mide las señales en la entrada **Cnt**. Los impulsos se registran durante un intervalo de tiempo elegido en los parámetros de ajuste

G...T . Si los valores medidos durante el tiempo **G...T** son superiores a los umbrales de conexión y desconexión, se conecta la salida **Q**

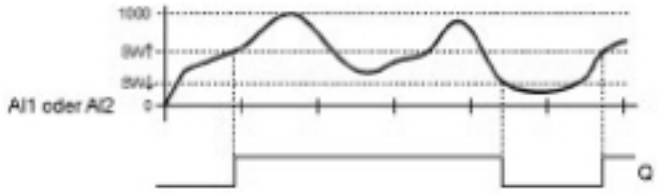
Q se desconecta nuevamente cuando la cantidad de impulsos medios alcanza o sobrepasa el valor del umbral de desconexión.

Conmutador de valor umbral analógico



La salida se conecta cuando se rebasa el valor analógico del umbral de activación, que previamente haya sido parametrizado. La salida es desconectada cuando el valor analógico queda por debajo del umbral de desactivación.

Esta función se introduce el valor analógico **AI1** o **AI2**.



A continuación se suma el parámetro **Offset** al valor analógico. Por último se multiplica este valor por el parámetro de amplificación.

Si dicho parámetro sobrepasa el umbral de activación (**SW**8), se conmuta la salida **Q** a 1

Q es repuesta de nuevo a 0 cuando el valor queda por debajo del umbral de desactivación (**SW**9).

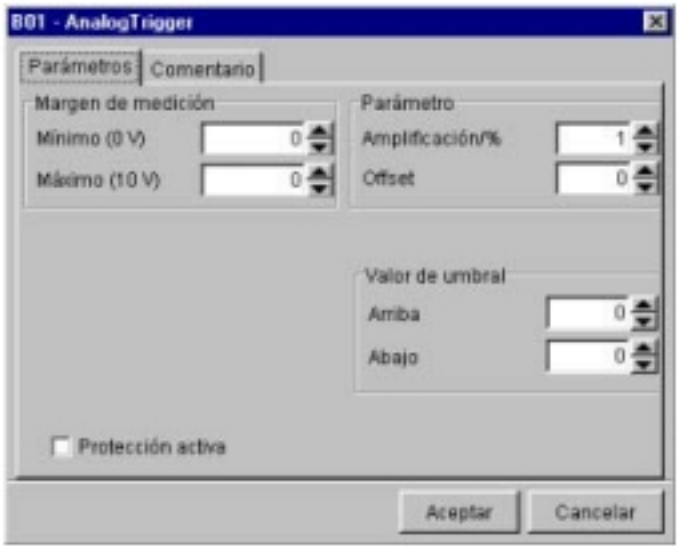


FIGURA 55 PARÁMETROS DE VALOR UMBRAL ANALÓGICO

Comparador analógico

La salida es activada cuando la diferencia **Ax-Ay** sobrepasa el valor de umbral ajustado

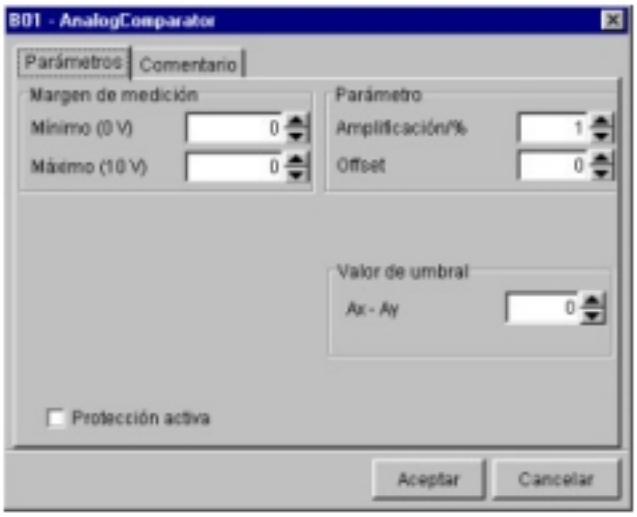
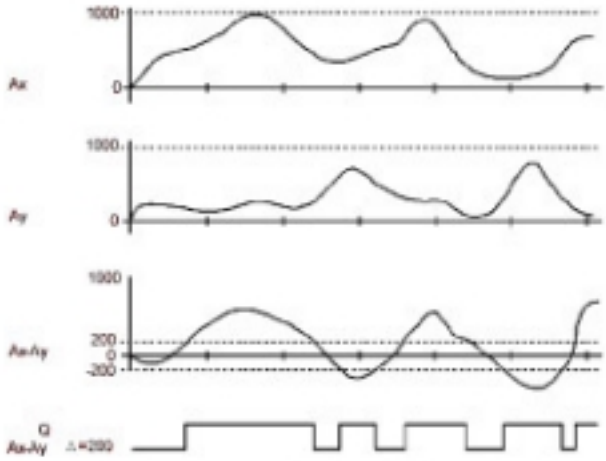


FIGURA 56 PARÁMETROS DEL COMPARADOR ANALÓGICO

En esta función se forma la diferencia entre los valores analógicos **Ax -Ay**

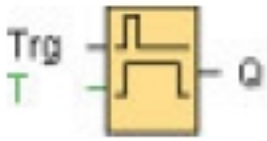


A continuación se suman los parámetros **Offset** a la diferencia. Por último se multiplica la diferencia por el parámetro de Amplificación

Si este valor sobrepasa el valor umbral, la salida **Q** es conmutada a 1

Q es repuesta de nuevo a 0 cuando vuelve a quedar por debajo del valor de umbral.

Interruptor de alumbrado para escaleras



Al llegar un impulso a la entrada (control por flanco) se inicia un tiempo, cuyo parámetro es ajustable. Una vez transcurrido éste, es repuesta la salida, 15 s antes de haber transcurrido el tiempo se origina un preaviso de desconexión.

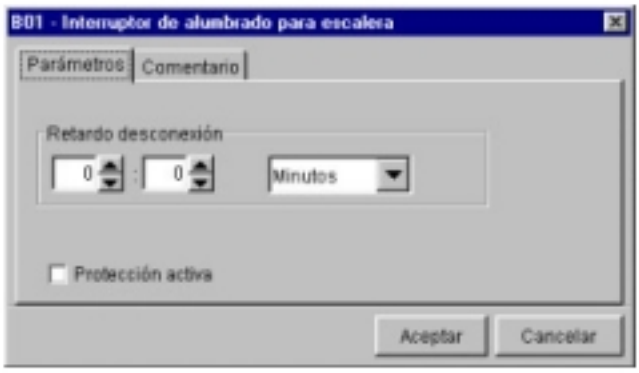
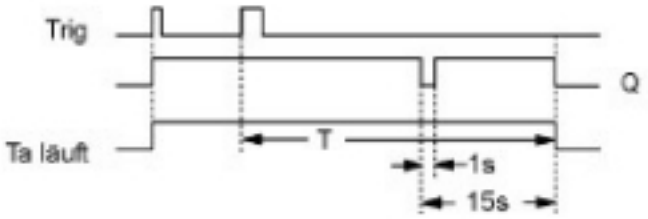


FIGURA 57 PARÁMETROS DEL INTERRUPTOR DE ESCALERAS

Al pasar de 0 a 1 el estado en la entrada **Trg**, arranca la hora actual **Ta** y la salida se

conmuta a 1



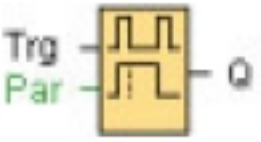
15 s antes de que **Ta** alcance el tiempo fijado **T** es respuesta la salida **Q** a 0 durante 1 s

Cuando **Ta** alcanza el tiempo **T** se repone a 0 la salida **Q**

Si se reconecta nuevamente la entrada **Trg** mientras transcurre **Ta**, es repuesta **Ta**

Tras una caída de Red se restablecerá nuevamente el tiempo ya trascurrido.

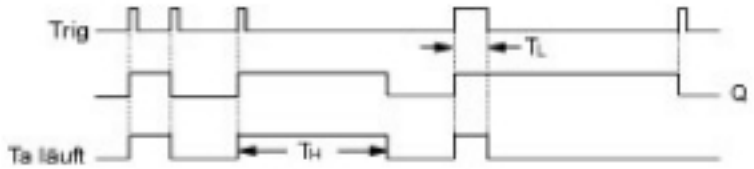
Interruptor confortable



Interruptor **con dos funciones** diferentes

< Interruptor de impulsos **con desconexión diferida**

< **Pulsador** (alumbrado continuo)



Al pasar de 0 a 1 el estado de la entrada **Trg**, arranca la hora actual **Ta** y la salida se conmuta a 1.

Cuando **Ta** alcanza el tiempo **Th**, se repone a 0 la salida **Q**.

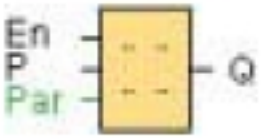
Tras la caída de Red se restablecerá nuevamente el tiempo ya transcurrido.

Si la entrada **Trg** pasa del estado 0 a 1 y permanece activada por lo menos durante el tiempo **Tl**, se activa la función de alumbrado continuo y la salida **Q** permanece conectada.

Si se activa nuevamente la entrada **Trg**, se repone siempre **Th** y la salida **Q** es desconectada

FIGURA 58 PARÁMETROS DEL INTERRUPTOR CONFORTABLE

Textos de aviso



Visualización de un texto de aviso establecido con parámetros en el modo **RUN**.

Al cambiar es estado de la entrada de 0 a 1 en el modo **RUN**, aparece en el display el texto de aviso que se haya ajustado.

Si se activaron varias funciones de texto de aviso mediante **En = 1**, se visualiza el aviso que tenga la prioridad máxima. Pulsando la tecla – pueden visualizarse también los avisos de prioridad menor.

Mediante las teclas • y – es posible conmutar entre el display estándar y el display de texto de aviso.

Como **máximo son posibles 5 funciones de texto de aviso**.

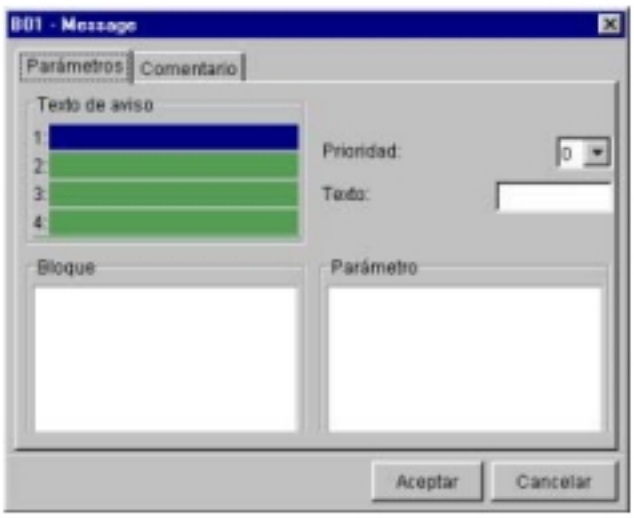


FIGURA 59 PARÁMETROS DE AVISOS

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual
ELECTRICIDAD INDUSTRIAL

Módulo 4

SUPERVISIÓN Y CONTROL DE INSTALACIONES Y PERSONAL

Tema 1
Calidad y productividad

Índice

1. El movimiento de la calidad 1
2. La filosofía de Edward Deming sobre la calidad 10
3. El diseño y la calidad 29
4. La realización del diseño 32
5. La certificación de la calidad 34
6. La calidad en las empresas de servicio 36
7. El tiempo 38
8. Creación de una cultura de la calidad 57

Tema 1

Calidad y productividad

1.- EL MOVIMIENTO DE LA CALIDAD.

1.1.- Los orígenes del movimiento.

Hoy en día, **todos somos diariamente víctimas de fallos en el nivel de calidad**: trenes que circulan con retraso, portezuelas de automóviles que no cierran herméticamente, bombillas que se funden al poco tiempo de usarlas. **La pérdida la soporta siempre el usuario**, ya que los costes reales de una falta de calidad son frecuentemente desproporcionados en relación con el valor del artículo defectuoso. Por ejemplo, la avería de un coche se puede reparar gratis al amparo de la garantía del fabricante; pero, ¿qué compensación recibe la víctima por haber quedado "tirada" en la carretera a kilómetros de un teléfono y en una noche negra como boca de lobo en que no para de caer lluvia heladora?.

Del mismo modo, ¿qué satisfacción nos va a suponer la reducción de la factura de un restaurante, cuando la reunión celebrada en él ha sido un desastre social por culpa de la casa?. Hemos de añadir, además, que la indemnización nunca es automática, particularmente cuanto entran en juego grandes cantidades de dinero. Obtener un resarcimiento a través del juzgado es una experiencia tortuosa; aun cuando se consiga una sentencia judicial favorable, será raro que llegue a cubrir la pérdida total.

Sin embargo, la historia se repite y volvemos a ver cómo los clientes se muestran cada vez más intolerantes con las deficiencias del servicio. El retraso en las entregas, la recepción de productos no fiables, los defectos de fabricación, etc. Los ejemplos de excelencia que da algunas empresas hacen aparecer al resto como inequívocamente deficientes. Privados de la satisfacción psicológica de poner en la picota a los proveedores que no cumplen sus promesas, **los clientes controlan la situación con la amenaza latente de marcharse a otra parte a hacer sus compras**. Los resultados de la preferencia que nuevamente se da al valor del producto se notaron por primera vez en la industria japonesa del automóvil. Cuando la fama de fiabilidad y de dar verdadero valor por el dinero, que adquirieron los fabricantes japoneses comenzó a debilitar gravemente la posición de sus competidores de los países de Occidente, sin perspectivas de que este debilitamiento se vaya a detener. El llamado "certificado de origen" ha añadido un impulso complementario al mejoramiento de la calidad.

1.2.- La calidad es la nueva arma competitiva.

En todos los sitios y cada día que pasa, las empresas son más conscientes del potencial competitivo de la calidad. Incluso una institución británica tan respetada como el Colegio de Abogados está empezando a percibir el valor de responder a las necesidades de los clientes.

Por ejemplo, los Colegios de Abogados de algunas provincias del Reino Unido se han tomado la molestia de agilizar sus tramitaciones por la vía judicial y, de esta manera, han reducido las listas de espera a la cuarta parte de la extensión que alcanzan en Londres. Consecuencia lógica: hasta los bufetes londinenses más prestigiosos han perdido clientes.

Muchos servicios públicos deben competir ahora de una manera inimaginable hace 10 o 15 años. **La calidad se ha convertido en un fin**, porque el nivel que ha de alcanzar se especifica en las cláusulas de cada contrato, mientras que antaño sólo era una condición vaga que quedaba sin verificar. En los sectores de la enseñanza y de la salud, las instituciones rivalizan ahora por captar clientes.

Y esa rivalidad no se centra en el precio, sino en la calidad. Por ejemplo, las universidades se clasifican por su capacidad de investigación, y los establecimientos líderes en este campo reciben una cuota de fondos públicos desproporcionadamente alta, a la vez que se oscurece el futuro de aquellas otras que tienen una calificación deficiente. El clima político y económico es tal que se están exigiendo unos niveles cada vez más elevados para la asignación de unos recursos no sólo disminuidos, sino en vías de una mayor disminución.

1.3.- ¿Qué es la gestión de la calidad total?.

La **g**estión de la **c**alidad **t**otal, denominada en adelante **GCT**, es básicamente una "filosofía" empresarial que se funda en la satisfacción del cliente:

> El proceso empresarial comienza con el cliente. De hecho, si no comienza con el cliente, lo normal es que termine de repente con el cliente.

Aunque una nueva conciencia del cliente se hace evidente en muchas organizaciones, la **GCT** entraña mucho más que desear a los clientes que tengan un día feliz y regalar periódicos y revistas a los huéspedes de los hoteles. La bienvenida dada con esas muestras de cortesía, casi siempre superficiales, puede que concierna más a cubrir las apariencias que a la expresión de un compromiso profundo de dar satisfacción al cliente. Por ejemplo, el cumplido de la entrega de un periódico del día tendrá poco valor para el huésped de un hotel que se ha visto obligado a volver a recepción porque su habitación, reservada de antemano, está ocupada por otra persona que ha llegado antes que él. Igualmente, el cliente que recoge en la tintorería el saco de dormir que ha llevado a limpiar y advierte que se lo devuelven deshilachado y desteñido, difícilmente se sentirá impresionado por los uniformes de las empleadas y las insignias relucientes con el logotipo del establecimiento.

La **GCT** supone diseñar la organización de manera que satisfaga día tras día a los clientes. Esto tiene dos ramales, a saber:

1.- La concepción esmerada del producto o del servicio.

2.- Hacer que los sistemas de la organización produzcan siempre el producto o servicio con arreglo a esa concepción.

Estos dos objetivos gemelos sólo se podrán alcanzar si toda la organización se orienta hacia ellos: he aquí la razón del adjetivo "total" que figura en la expresión "gestión de la calidad total". Que la organización se oriente a la calidad es algo que requiere más, mucho más, que una proclamación de la dirección afirmando que mañana todo será diferente.

Desarrollar la **GCT** es como plantar una huerta. Para empezar, no puede hacerse sólo a base de dinero. Ni siquiera un millonario puede telefonear y pedir que le entreguen una huerta mañana a las nueve en punto. Crear una huerta requiere **visión**, **planificación** y la **aplicación disciplinada de trabajo** y habilidad. El éxito favorece a la persona paciente y que sabe lo que hace.

Lo mismo hay que decir respecto a la **GCT**; ésta no se puede comprar e instalar como si fuese un programa de ordenador. Igual que en el caso de la huerta, es preciso planificar, preparar el terreno, etc., y esto exige tiempo. Las empresas que han iniciado la práctica de la **GCT** se encuentran con que se necesita que pasen al menos dos o tres años para empezar a recoger los frutos del cambio.

1.4.- ¿Qué es la calidad?.

Aunque es posible que algunos productos y servicios se vean rodeados de una calidad mágica, la calidad raramente es el resultado de la magia. **La producción que sale es estrictamente una función de las materias primas que entran**. El cocinero que prepara una chuleta de carne de cerdo y vierte sobre ella una lata de tomate frito; sirve un plato con aspecto y sabor de chuleta de carne de cerdo con salsa de tomate, por muy exótico que sea el nombre que le dé en el argot culinario. El vendedor de verduras que ofrece siempre frescos sus productos de la huerta no debe su éxito a un arte de brujería, sino a que va al mercado de verduras todos los días, no como otros que guardan las que les quedan sin vender y sólo van al mercado dos veces a la semana.

La calidad se debe trabajar conscientemente para conseguirla como se desea. Aunque las organizaciones únicamente saquen de sus sistemas de producción aquello que metan dentro de ellos será precioso dirigir cuidadosamente los esfuerzos si se quiere que alcancen unos resultados satisfactorios. Si los ayudantes del verdulero estropean a diario la mercancía porque la manejan sin cuidado, sus viajes cotidianos al mercado serán inútiles. La gestión de la calidad exige poner atención en la totalidad del sistema de transformación, es decir:

– En la calidad y adecuación de las materias primas que se reciben.

– En la manera en que estas materias primas entran, se almacenan y se transforman en el producto o servicio final.

– En la manera en que este producto o servicio final se entrega al cliente, se usa y se instala.

Lo mismo que ocurre con la huerta, la **GCT no acaba nunca**. La mejora continua es un principio fundamental de la filosofía de la **GCT**.

Un proverbio dice que cuando se termina la casa, la muerte penetra en ella. **El nivel de calidad o se eleva o cae**. Algunas veces, cae por comodidad o por avaricia. Otras veces, el descenso es relativo, como sucede cuando los competidores alcanzan niveles más altos. La supervivencia exige una atención y sensibilidad constantes respecto a los deseos de los clientes.

1.5.- Los costes de la calidad.

La calidad se asocia frecuentemente con la idea de gasto. Por ejemplo, contamos con pagar más por una pluma estilográfica con plumín de oro que por otra con plumín de acero inoxidable. Un céntrico hotel de cinco estrellas es bastante más caro que un hostal ubicado en el barrio de las afueras. Incluso cuando se comparan cosas similares, **es normal que los compradores estén dispuestos a pagar más a cambio de una calidad mejor**. Por ejemplo, la cadena de tiendas de venta al detalle Marks and Spencer es famosa por vender artículos de calidad a precios altos.

No obstante, **lo que más le complace a un cliente es obtener una calidad superior pagando el mismo dinero** o, mejor aún, pagando menos. Esta es la base del éxito de los fabricantes de automóviles japoneses, de los pequeños productores de cerveza inglesa legítima y de los garajes de barrio, por citar tres ejemplos que demuestran que la *producción de bienes y servicios de calidad cuesta menos, no más.*

La razón justifica esta afirmación se explica en otra parte de este tema. Por ahora, es

suficiente con advertir que la **GCT** origina reducciones de costes mediante:

- la **disminución del despilfarro**,
- el **aumento de la productividad**, y
- el **incremento de las ventas**.

Estos tres factores son interactivos. La **GCT** empieza con un análisis completo de los sistemas y procedimientos actuales, con lo cual se identifica el desperdicio y se ven las posibilidades de acelerar las operaciones de producción. El mejoramiento de los sistemas disminuye los desechos y la repetición de trabajos que han salido mal, y aumenta la fiabilidad; de este modo se logra que el producto o servicio sea más atractivo. Al aumentar las ventas, es posible reducir los precios, lo que a su vez potencia más el atractivo del producto, y así sucesivamente.

1.6.- Más allá de la calidad.

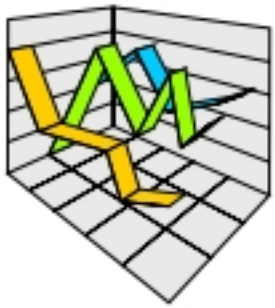
La calidad es un medio, no un fin. El fin es mantener la viabilidad de la empresa. Cada día más, las empresas compiten no en un frente, sino en cuatro:

1.- Calidad.

2.- Coste.

3.- Flexibilidad.

4.- Entrega.



Después de tomar una ventaja significativa en el campo de la calidad, **los japoneses dirigen ahora su atención al coste**. Aunque muchos productos de Japón ya son competitivos tanto en calidad como en precio, el objetivo que persiguen es conseguir reducciones de costes adicionales y más drásticas todavía, **mediante la eliminación del despilfarro**. Despilfarro equivale a actividades que no añaden valor al producto. Por ejemplo, lo único que le interesa a quien contrata a un limpiador de ventanas es que las ventanas queden limpias. Actividades tales como llenar con agua el cubo, exprimir la esponja, colocar la escalera y subir por ella son un coste, pero no crean valor. Por otra parte, cuanto más tiempo duren esas operaciones, tanto mayor será el gasto que origina tal servicio.

Los japoneses han logrado resultados espectaculares en la reducción de las actividades no productivas. Por ejemplo, en algunos procesos de fabricación, el tiempo de preparación de las máquinas ha pasado de cinco horas a tres minutos. Deténgase un momento y considere la magnitud de esta reducción. Imagine que se repite en 10 o 15 operaciones: ¿qué posibilidades podría crear?. Tales mejoras proceden del cuestionamiento de las ideas establecidas acerca de cuáles son los procedimientos de producción más económicos. **Lejos de crear economías de escala, la producción en serie puede ser extremadamente antieconómica**. Y cabe decir lo mismo de los procedimientos habituales. Por ejemplo, ¿es necesario *perforar* un agujero o será suficiente con hacer un corte circular?. Puede parecer una cuestión trivial, pero si tal operación se ha de repetir muchos miles de veces, el potencial de ahorro de tiempo y dinero es entonces ciertamente importante.

El éxito obtenido en un ámbito concreto abre posibilidades en otros. La reducción de los tiempos de preparación de máquinas permite que los fabricantes amplíen su capacidad de aceptación de pedidos, ya que pueden pasar más fácilmente de un producto a otro: tenemos así la tercera dimensión de la competencia. Por si fuera poco, la rapidez y flexibilidad de la producción **permite disminuir el plazo de entrega**. En los países de Occidente, el lapso de tiempo mínimo para la entrega de coches, desde la factoría al cliente, es de ocho semanas. En Japón se acerca a las dos semanas.

1.7.- "Lo que da resultado en el Japón no dará resultado aquí."

El éxito japonés se atribuye, a veces, a diferencias culturales. El estereotipo es el del operario dispuesto a trabajar muchas horas y a someterse incondicionalmente a la empresa. Estas virtudes admitidas contrastan desfavorablemente con la personalidad estereotípica del trabajador británico; holgazán, individualista y duro de mollera.

Dejando al margen el hecho de que atañe a la dirección de la empresa la responsabilidad de las prácticas laborales, ambos estereotipos son totalmente erróneos. Sin duda alguna, la evidencia de los hechos nos indica que las firmas japonesas más destacadas prefieren trabajadores británicos y no japoneses, precisamente porque aquéllos son más inquisitivos y actúan con más iniciativa propia.

Crear una "cultura de calidad" no tiene nada que ver con la conversión de los empleados en escuadras de "kamikazes". Se trata de formar una infraestructura de organización coherente con la mejora continua. La tarea no es en absoluto tan fácil como se desprende de la actual retórica sobre el tema. Parte del problema está en la dualidad de la filosofía de la **GCT**, que hace hincapié tanto en el componente instrumental como en el componente de inspiración. Los aspectos de la **GCT** que se refieren al procedimiento pueden anular su objetivo. Por el contrario, la cultura del sueño dorado, patrocinada por Peters y Waterman, es como la semilla esparcida sobre un suelo sin tierra de que nos habla la Biblia; el arranque inicial de entusiasmo se marchita enseguida, porque no hay nada que lo sostenga.

*La **GCT** requiere un cambio de segundo grado.* No se trata de cambiar dentro del sistema, sino que es el propio sistema lo que se debe cambiar. Crear una cultura de la calidad implica la inversión de los supuestos fundamentales de la gestión. ***El primero de estos supuestos a los que hay que dar la vuelta es la preocupación por los beneficios a corto plazo.***

Mientras que las empresas se han guiado hasta ahora por la cultura del beneficio, **el imperativo** de la **GCT** es **la satisfacción del cliente**. El argumento que lo defiende es que si las empresas prestan una atención suficiente a la calidad, los beneficios vendrán después; sin embargo, **si sólo se preocupan de los beneficios, esto mismo las llevará a la ruina**.

A corto plazo, la **GCT** exigirá unas normas de gestión bastante por encima de las que se consideran aceptables en la actualidad.

Por ejemplo, un reciente programa de televisión acerca de una fábrica que trataba de introducir el método de producción "justo a tiempo" mostraba cómo la dirección prometía instalar nueva maquinaria a cambio de la cooperación de los sindicatos obreros. Tal conducta es indignante. Las máquinas se han de reemplazar cuando sea necesario, sin regatear con ellas. Por otro lado, ya no basta con dar instrucciones a los jefes y al personal para que solucionen los problemas. La **GCT requiere que los directivos den soluciones y no se limiten a exigir resultados**.

A largo plazo, es previsible que los directivos, tal como los conocemos hoy en día, sean innecesarios. Harán falta líderes que inspiren y fomenten los perfeccionamientos. Sin embargo, es probable que sus cotas de referencia sean radicalmente distintas a las de los directivos actuales. Sin duda alguna, será imprescindible transformar toda la estructura del empleo para que la cultura que las empresas se libren de todos los vestigios de la cultura del beneficio.

1.8.- Vencer a los japoneses.

A pesar de sus éxitos impresionantes, *los japoneses no son infalibles.* Los diseños de nuevos automóviles, por ejemplo, se siguen anunciando sobre la base de lo que se considera que son días dichosos. A pesar de la aportación de Taguchi la teoría del diseño, se ha hecho público que Hitachi incluyó en sus presupuestos una partida de un millón de dólares destinada a robar las especificaciones de diseño del ordenador IBM 3081.

Se podrá argüir que el talón de Aquiles de la industria japonesa es que se basa en la coacción. La carrera no ha terminado, ni mucho menos, y queda por saber si el sistema japonés podrá resistir hasta el final de la presión de las fuerzas que le acosan. Puede incluso que ya se esté cuarteando; según algunos informes, *cada veinte minutos se suicida un trabajador japonés:* tal es el grado de presión a que están sometidos. Aun cuando esta estadística no sea más que un pálido reflejo de la realidad, nos dice sin duda alguna que algo va muy mal en esa sociedad. Pero hay una alternativa, y el futuro pertenece en último extremo a las empresas capaces de tomarla.

2.- LA FILOSOFÍA DE EDWARD DEMING.

En los años cincuenta, la industria norteamericana se hallaba en un período de prosperidad. Se podía vender todo lo que se fabricaba. Todo permitía conjeturar que el futuro iba a seguir siendo próspero. **Fueron pocos los empresarios que prestaron atención al trabajo de este hombre llamado Deming, a sus ideas respecto a la calidad y a sus estadísticas de nuevo cuño**. No obstante, las cosas eran muy diferentes en Japón. La economía japonesa estaba en crisis, y los productos con el sello "made in Japan" destacaban por su alto precio y su baja calidad.

Los empresarios japoneses se mostraron receptivos a las ideas de Deming y se dispusieron a ponerlas en práctica. Para mediados de los años setenta, Japón empezaba a socavar peligrosamente la posición de sus competidores norteamericanos y europeos. El ataque se inició con los automóviles y continuó con una gama completa de productos: vídeos, aparatos de alta fidelidad y ordenadores. **Entonces, y sólo entonces, los industriales occidentales comenzaron a tomar en serio a Deming**.

2.1.- La filosofía de Deming.

El enfoque del problema de la calidad, tal como lo establece Deming, se ve en sus "**catorce puntos**" de la gestión empresarial.

La "filosofia" de Deming se fundamenta en **tres preceptos básicos**. Éstos son:

1.- Orientación al cliente.

2.- Mejora continua.

3.- El sistema determina la calidad.

El significado de estas ideas, y todas sus implicaciones, se irán exponiendo paso a paso. En pocas palabras, **el argumento de Deming es que la competitividad depende de la satisfacción del cliente**. Ésta se crea respondiendo a los puntos de vista y necesidades de los clientes y **perfeccionando continuamente los productos** o servicios. La calidad es un requisito fundamental para el cliente. Y no se consigue exhortando al personal a que trabaje con más intensidad ni amenazándole con el despido o la destitución, sino mediante el manejo del sistema. Éste, a su vez, está determinado por los factores de producción y el modo en que se aplican.

PUNTO 1: "CREAR LA FIRME DETERMINACIÓN DE MEJORAR EL PRODUCTO O SERVICIO"

Deming sostiene que el *objetivo de la **mejora continua se debe reflejar en todos los aspectos de la estrategia de una empresa.***

Mejora continua significa literalmente lo que dicen las dos palabras. **Para mantenerse competitivas, las empresas deben buscar constantemente formas de mejorar sus sistemas de producción** y el atractivo que tienen para el cliente los productos que le ofrecen. Esta mejora no sólo es responsabilidad de los departamentos de producción y ventas, sino que ha de ser la finalidad:

- en todas las operaciones;
- a todos los niveles;
- en todos los planes a corto, medio y largo plazo.

Según Deming, **las empresas están demasiado influidas por el oportunismo y los objetivos a corto plazo, y se olvidan de asegurar su viabilidad a largo plazo**. Las empresas que se pliegan y cambian de orientación en respuesta a cada fluctuación que se nota en el mercado y a cada posibilidad de apertura de un nuevo "nicho" que advierten no pueden cultivar el bien hacer que es la base de la excelencia ("zapatero a tus zapatos", como decían Peter y Waterman). La historia de las empresas está llena de casos de entradas desastrosas en terrenos no familiares; por ejemplo, la dramática irrupción de Prudential en el negocio inmobiliario a finales de los años ochenta y su igualmente dramática salida. Sólo se podrán aprovechar las oportunidades si se dispone de capacidad suficiente para explotarlas; pero el desarrollo de esta capacidad –en caso de que sea posible- requiere tiempo. Utilizando la analogía de la huerta, diremos que las zanahorias requieren suelo arenoso. Si el suelo es arcilloso, demasiado compacto, el hortelano tendrá que pensarlo dos veces antes de plantarlas, por muy tentador que sea el precio de las zanahorias. Por ejemplo:

La dirección de una empresa fabricante de muebles, cuya producción era un éxito, tuvo la nefasta idea de extender su actividad a la construcción de pianos. ¿Por qué no fabricar pianos?. Compraron un piano Steinway, lo despiezaron, construyeron o compararon las piezas y montaron un piano exactamente igual que el Steinway, sólo que lo único que producía eran unos ruidos sordos.

En consecuencia montaron pieza a pieza el Steinway auténtico, con la intención de venderlo y recuperar el dinero gastado, para descubrir finalmente que de éste tampoco sacaban ahora más que ruidos sordos.

La mejora de la calidad: ¿por dónde empezar?.

Deming recomienda que **se empiece por hacer una valoración completa y sistemática de la empresa**, donde se incluyan:

- los productos,
- los métodos de producción,
- los materiales requeridos,
- la estrategia comercial,
- la formación teórica y práctica.

Por encima de todo, Deming aconseja encarecidamente a las empresas **que mantengan la atención centrada en el cliente y no en la competencia**. Ésta, dice Deming, siempre estará frente a nosotros. Hoy en día, la personaliza Japón y mañana será otro país del Lejano Oriente. Según Deming, **si se mantiene satisfecho al cliente, la presencia de los competidores será irrelevante.**

PUNTO 2: "ADOPTAR LA NUEVA FILOSOFÍA".

Cuando colocamos una bombilla nueva y vemos que funciona, respiramos aliviados. Gastamos a gusto 700 euros más para cubrir con un año más de garantía la compra de un nuevo coche, porque creemos que existe una alta probabilidad de que algún componente muy caro se estropee durante ese período. Al comprar un ordenador personal, preferimos pagar más en un establecimiento especializado en vez de cursar un pedido por correo, y tal preferencia sólo se funda en el miedo que sentimos al pensar que se puede estropear. En resumen, **nos hemos acostumbrado a que haya una cierta proporción de fallos en los productos manufacturados**. Y lo mismo se aplica a los servicios, con el agravante de que nuestras expectativas de fiabilidad son todavía menores. ¿Cuándo fue la última vez que llegó a su hora el tren de la mañana? ¿Con cuánta frecuencia recibe usted cartas que no son para usted?. ¡Un programa de vacaciones donde todos sale bien se comenta como noticia excepcional en la radio!

Las empresas perpetúan esas expectativas de que algo va a fallar, como saben muy bien todos los que hayan comprado un automóvil nuevo y hayan visto que el sistema electrónico no funciona como es debido.

El vendedor, antes que devolver al cliente perjudicado el dinero o cambiarle el vehículo por otro en perfectas condiciones, adoptará la postura de dejarle que lo reclame por vía judicial. Por lo general, nunca se llega a tanto porque el cliente perjudicado recibe un sinfín de excusas dilatorias, tales como "Tenemos que ponernos en contacto con el fabricante" o "Se trata de un defecto de diseño" (seguramente lo será), o acaba por aburrirse a causa de las molestias y gastos de las repetidas visitas al establecimiento donde compró el coche, totalmente inútiles como irá comprobando.

Desde luego, hay muchas empresas que se enorgullecen de la eficacia de sus departamentos de reclamaciones. Por ejemplo, **si un secador del pelo se avería, lo cambiarán enseguida por otro sin hacer ninguna pregunta**. Pasan por alto tanto el coste como el hecho de que *lo que deseaba el cliente era que el producto que compró no se averiase*.

Desde el punto de vista de Deming, *los defectos son caros e innecesarios*. Son caros porque requieren toda una infraestructura para remediarlos: secciones de reparaciones en la factoría, departamentos de reclamaciones, servicios de recogida de artículos devueltos y todo el trabajo burocrático que suponen los trámites precisos, con el gasto de dinero que le acarrean a la empresa. Por otro lado, este conjunto de costes evitables lo soportan, en último término, los clientes.

Para Deming, ***los defectos no son inevitables***. Aclaramos el significado de esta afirmación con el ejemplo del huevo pasado por agua. Para que quede perfecto, el huevo ha de ponerse en un recipiente con agua hirviendo en cantidad suficiente para cubrirlo bien y ha de sacarse cuando lo indique el reloj avisador. ¿Hay alguna razón para que resulte inevitable un defecto de cocción, es decir, para que el huevo salga demasiado duro o demasiado blando?.

Deming sostiene que ***los defectos son producto del sistema***. En el caso del huevo, el defecto puede deberse a falta de conocimientos, insuficiencia de agua, un mal funcionamiento del avisador, corte de electricidad, distracción externa o a que el huevo estaba podrido. Todos estos factores son tangibles y, por lo tanto, manejables. El mismo argumento es aplicable incluso a los bienes y servicios más complejos. En la mayoría de las ocasiones, los defectos se pueden achacar a una causa o a una combinación de causas: diseño deficiente, materiales inadecuados, herramientas incorrectas, fallos de las máquinas, falta de capacitación de los operarios, etc.

Opina Deming que **la forma en que promocionan los directivos dentro de la empresa agrava el problema**. Así, los denominados "ascensos por la vía rápida", con los que los directivos esperan permanecer en un puesto tan sólo durante dos o tres años, da lugar a que rara vez se sientan motivados para atacar los problemas de raíz. Si lo hicieran, se arriesgarían a molestar a alguien y entonces perderían una buena recomendación.

Por otra parte, la probabilidad de que estén lejos de allí en el momento en que surjan las consecuencias de sus omisiones es una circunstancia que estimula a los directivos a centrarse únicamente en los éxitos a corto plazo.

Otro punto de la filosofía de Deming es que ***hacer un buen trabajo crea satisfacción***. Como advierte Deming, hacer productos de baja calidad reporta pocas satisfacciones, o incluso disgusta. Por ejemplo, piense en el desasosiego de un camarero que sirve un plato quemado; o en la inseguridad del recepcionista de un taller de automóviles al devolver al cliente un coche sabiendo que nadie he levantado el capó ni cambiado el aceite ni verificado los frenos. Muchos profesionales responsables jamás aceptarán que se les encargue "un trabajo baratito", pues les molesta demasiado tener que hacer una chapuza. Antes preferirán no hacer el trabajo.

PUNTO 3: "SUPRIMIR LA DEPENDENCIA DE LA INSPECCIÓN MASIVA".

Deming no sugiere que se elimine la inspección, sino que confiar en la inspección es incompatible con la calidad. Arguye que **si la inspección es necesaria para prevenir los defectos, el proceso es incapaz de cumplir las especificaciones**. El meollo del argumento de Deming es que la calidad no procede de la inspección, sino del perfeccionamiento del sistema.

Es imposible, dice Deming, incorporar la calidad a un producto o servicio a base de inspecciones; la calidad se debe incorporar en el diseño.

Diseñar en pro de la calidad abarca todos los aspectos de la empresa y de sus productos o servicios. Dentro de este contexto, diseñar significa someter a consideración cuidadosa todos los requisitos y especificarlos claramente. Esto se aplica no sólo al proceso de producción principal, sino también a todas las actividades secundarias. Por ejemplo, los hospitales no sólo dependen de la calidad de su plantilla

de facultativos y del personal paramédico, sino también de los porteros, lavanderas, camilleros e incluso auxiliares voluntarios. El objetivo de la **GCT** es asegurar que el sistema produzca lo que se pretende que se produzca, y esto empieza por el diseño. Es mucho mejor, por ejemplo, idear formas sencillas que emplear personal en la inspección de los errores, que pueda haber en formas complicadas. Del mismo modo, cuanto mejor sea el sistema de cobro del pasaje en trenes y autobuses, tanto menor será el número de cobradores y revisores que se necesite.

Cuanto mayor sea el número de inspectores, tanto mayor será el número de defectos. La fatiga y el aburrimiento de la inspección rutinaria difícilmente conducirán a la fiabilidad. **Aumentar el número de controles no sirve más que para agravar el problema.** Y la razón está en que si alguien sabe que un artículo ya ha sido inspeccionado dos veces y debe pasar todavía otros cinco controles, lo más probable es que le dé vía libre sin más que un examen-rápido. Supondrá que el producto es satisfactorio porque ya ha pasado dos comprobaciones y, además, si tuviera algún defecto, ya habrá alguien que lo detecte en los eslabones siguientes de la cadena de inspecciones.

PUNTO 4: "ACABAR CON LA PRÁCTICA DE ADJUDICAR LOS PEDIDOS ÚNICAMENTE EN FUNCIÓN DEL PRECIO".

Lo normal es que **los contratos comerciales se adjudiquen al que ofrezca el precio más bajo. Deming se opone a esto**. Alega que siempre es posible rebajar el precio, pero a expensas de la calidad. Presionar a un proveedor para que baje el precio despierta en él un proveedor para que baje el precio despierta en él la tentación de tomar atajos, especialmente en aquello que el cliente no puede ver.

En consecuencia, pueden causarse daños considerables antes de que se detecten las deficiencias. *¿Contrataría usted a un electricista que trabaja muy barato?.*

El coste inicial de los suministros sólo es un factor dentro de la ecuación. Lo que cuenta es el coste global y, **frecuentemente, el coste global de los suministros baratos es alto**. Por ejemplo, una póliza de seguro barata puede resultar realmente muy cara cuando se da la consideración debida a todas las exclusiones y limitaciones que redundan en las indemnizaciones para caso de siniestro. Del mismo modo, la compra de hilados a precio de saldo puede resultar extremadamente costosa si luego se rompen en el telar. **El coste del tiempo de parada de la máquina superará con creces el coste de los materiales de mejor calidad**.

El proveedor único.

Basar únicamente en el precio las decisiones de compra obliga a efectuar cambios frecuentes de proveedor. He aquí un ejemplo de lo que puede ocurrir.

Una empresa compró una remesa de paño para la confección de trajes de alta calidad. Antes de proceder a cortarlo, todo el paño fue inspeccionado por un director de producción muy experto. Sin embargo, cuando este material entró en confección comenzaron a surgir problemas. Las prendas de buena calidad se planchan varias veces durante el proceso de confección. En el caso que nos ocupa, se vio que las piezas no adquirían la forma adecuada por mucho que se presionara sobre ellas. Se terminaron unos cuantos trajes para ver qué aspecto adquirían. Hubo que tirar aquellas prendas porque se les veía deslucidas y flojas y, junto con ellas, toda la remesa de paño que estaba en proceso de fabricación.

Si fuera usted el gerente de esta empresa. ¿Qué hubiera hecho?: ¿despedir al director de producción, demandar al proveedor o ambas cosas?. El director de producción era un empleado muy capacitado y responsable. Los análisis efectuados demostraron que el paño cumplía exactamente las especificaciones.

El origen del problema sigue siendo un misterio, aunque su existencia confirma la opinión que sostiene Deming: especificaciones y resultados no son conceptos sinónimos.

Lo mismo ocurrió con el paño de nuestro caso, los suministros pueden cumplir exactamente las especificaciones y, no obstante, resultar inadecuados para la producción o terminar por echar a perder el producto acabado. Deming dice que, por consiguiente, es fundamental que el proveedor conozca perfectamente:

- el destino final del material,
- el tratamiento de que es objeto.

Deming defiende la conveniencia de aprovisionarse en los mismos proveedores a lo largo del tiempo y señala las diversas ventajas que se derivan de ello:

1.- ***Uniformidad.*** Las materias primas procedentes de distintos proveedores nunca son idénticas, aunque cumplan plenamente las especificaciones exigidas. Deming argumenta que la variación que se da inevitablemente ya crea bastantes problemas, y sería insensato multiplicarlos recurriendo a varios. Por otro lado, la competencia para conseguir la categoría de proveedor único, a diferencia de la encarnizada competencia en precios, constituye un estímulo saludable para la mejora continua.

2.- ***Reducción de coste.*** Cuantos menos sean los proveedores, tanto más bajos serán los costes administrativos. La mayoría de las empresas recurren a varios proveedores con objeto de evitar el retraso en las entregas y para no quedarse sin existencias. Sin embargo, **según Deming, la fuente de aprovisionamiento única reduce la probabilidad de que esto suceda, porque hace que el futuro sea más previsible para el proveedor y profundiza su conocimiento de las necesidades del cliente al haber mayor contacto entre ambos.** Deming afirma que conviene más tener confianza y seguridad en un proveedor que relacionarse superficialmente con varios como medida de precaución.

La cita siguiente, que expresa la actitud hacia los proveedores manifestada por la antigua compañía Pullman, encierra en sí el espíritu de la filosofía de Deming:

Pullman, era un cliente prestigioso. Siempre se cuidaba de que los gastos generales no productivos se redujeran al mínimo. Cuanto menos proveedores, tanto menor sería el trabajo burocrático. Se seleccionaba minuciosamente a los proveedores, los requisitos es especificaban al detalle, había lealtad hacia los proveedores y las facturas se pagaban sin demora. A cambio, los coches prometidos tenían que entregarse a tiempo, pasase lo que pasase, y la continuidad del servicio era tan importante, como la calidad y el precio de los suministros.

La elección de los proveedores.

Deming aconseja que la elección de los proveedores se condicione a su adhesión a los "catorce puntos", y especialmente al punto 5, que concierne al compromiso con la mejora continua (véase a continuación). Los factores críticos respecto a un proveedor en perspectiva son:

- sus antecedentes en relación con el desarrollo del producto;
- la asignación de fondos a trabajos de investigación y desarrollo;
- el sistema general de calidad.

Los dos primeros factores se explican por sí mismos. En lo que atañe al tercero, diremos que Deming recomienda que los compradores se preocupan no sólo de saber cómo se producen los suministros, sino también de la manera en que se entregan. ¿Cómo se transportan tales productos? ¿Son los contenedores adecuados para su transporte y están limpios y bien conservados?.

PUNTO 5: "MEJORAR CONSTANTEMENTE EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN, SIN DETENERSE JAMÁS".

Mejora continua significa hacer que cada nuevo producto salga mejor que el anterior. El argumento es: "¿Por qué no? ¿Qué razón hay para repetir una y otra vez los mismos errores?".

Se advierten ahora síntomas indicativos de que la mejora concierne a algo más que a la mera supresión de los errores del pasado.

La mejora continua se está convirtiendo en un imperativo para la competitividad. Por ejemplo, a la reducción de precios en el negocio de las líneas aéreas ha sucedido ahora el interés por la comodidad del pasajero.

Tan intensa es la competencia que las innovaciones y perfeccionamiento más notable pueden quedar anticuados en menos de un año. Deming sostiene que se ha de poner una atención particular en el diseño del producto, pues es ahí donde se encuentra el mayor potencial de mejora. La calidad se debe incorporar en la fase del diseño del producto. Una vez que se inicia la fase de producción, ya es demasiado tarde. Dado que un producto no puede superar las limitaciones de su diseño, es fácil que los defectos sean irreparables. Con en este caso:

> CLIENTE: ¡Pero usted me prometio que iba a arreglar este tostador de pan y dejarlo como nuevo!
>
> VENDEDOR: Y hemos cumplido lo prometido.
>
> CLIENTE: ¡Pues no funciona!
>
> VENDEDOR: Es que de nuevo tampoco funcionaba.

Deming hace notar que la calidad no es cumplir las especificaciones, sino reducir la variabilidad mediante la mejora del proceso y satisfacer las necesidades del cliente. Esto requiere un enfoque multidisciplinar del diseño, en sustitución de la práctica tradicional según la cual los productos se diseñan sin consultar con nadie y se lanzan sin más preámbulos a la cadena de producción. En ésta, se fabrica lo mejor que se puede y los productos se lanzan también sin más preámbulos, al mercado.

PUNTO 6: "INSTITUIR LA FORMACIÓN EN EL TRABAJO".

La mejora continua implica una inversión importante y constante en formación. Deming observa que las empresas hacen demasiadas suposiciones acerca de lo que saben los empleados y de lo que pueden hacer. Desde nuestro punto de vista, la opinión de Deming es particularmente apropiada en la esfera de los trabajadores manuales. Muchas tareas se definen como "no especializadas" y, en consecuencia, se supone que la formación es innecesaria. Por ejemplo, el director de una empresa de servicios recreativos advirtió en cierta ocasión que el suelo de todos los centros deportivos estaba pegajoso y daba sensación de suciedad. Los encargados le aseguraron que se debía a la desidia del personal de limpieza.

No conforme con esta explicación, el director consultó a un experto en limpieza. Éste le señaló que **el problema se debía a que el personal utilizaba demasiado detergente**. Como nunca habían recibido formación, a pesar de que había cursos profesionales de técnicas de limpieza, el personal trataba de realizar a la perfección su trabajo poniendo mucho detergente. Cuando no quedaba bien el suelo, trataban de arreglarlo echando más detergente todavía, sin darse cuenta de que lo único que conseguían era dejarlo peor.

PUNTO 7: "INSTITUIR EL LIDERAZGO".

Deming afirma que las empresas han terminado por preocuparse excesivamente por el control, a expensas del liderazgo.

Y sostiene al respecto que los directivos deben dedicar sus energías a hacer mejoras, convertir su visión en realidad y adquirir un conocimiento profundo del trabajo que supervisan, en vez de centrarse en cometidos tales como la "dirección por objetivos" o la producción con "cero defectos". **Los líderes, dice Deming, se deben centrar en mejorar el sistema, no en localizar los errores achacables a cada individuo**. También han de ser capaces de buscar y obtener apoyo de la dirección superior para la resolución de sus problemas.

PUNTO 8: "LIBRARSE DEL MIEDO".

Para Deming, **miedo y fracaso son dos cosas que van unidas**. En su opinión, el miedo nace de la inseguridad, como cuando uno teme perder el empleo o ser incapaz de resolver un problema concreto o de contestar a una pregunta especial. **La inseguridad acaba produciendo una pérdida, porque obliga a ocuparse exclusivamente de cumplir las reglas y seguir el sistema, no de hacer aportaciones auténticas.**

La "dirección por miedo" es un sucedáneo del análisis y la planificación, pero raramente eficaz.

Por ejemplo, la dirección de una cadena de supermercados estaba preocupada por las mermas, es decir, por la diferencia entre las entradas y salidas de mercancías. En vez de investigar el problema, dictaron un decreto: "Las mermas no deben rebasar el 1%, pues de otro modo…". Y así fue como se logró que las mermas quedasen dentro de ese límite. Sin embargo, lo único que ocurrió fue que los jefes de establecimiento se las arreglaron para dejar un poco más de "gordo" en la carne, para suspender la compra de frutas muy solicitadas pero muy perecederas, etc. Al no tener un conocimiento del negocio, que les hubiera permitido prever esa reacción, los miembros de la alta dirección pensaron que el problema había quedado controlado, cuando en realidad las pérdidas resultaban ser peores que antes, ya que ahora eran los clientes quienes pagaban el pato.

PUNTO 9: ELIMINAR LAS BARRERAS QUE SEPARAN LOS DISTINTOS DEPARTAMENTOS".

Deming dice que **es esencial que todo el personal de la empresa conozca los problemas de los demás**. Por ejemplo, el personal de compras debe comprender la importancia que tiene consultar a los directivos del departamento de producción antes de efectuar un cambio en el aprovisionamiento habitual de materias primas, ya que la más mínima diferencia en las características de éstas puede ocasionar variaciones muy grandes en la fabricación. Un nivel tan alto de entendimiento de los problemas y de colaboración mutua requiere unos profundos cambios de mentalidad y de estructura. Si no se hace esto, dice Deming, los programas de formación carecen de valor.

Sin duda alguna, surgirán desavenencias entre los departamentos. El personal de ventas, por ejemplo, se resistirá a la idea de establecer un nivel cero de existencias, por el riesgo que eso entraña de perder clientes. Deming indica que la resolución de tales conflictos en interés de la empresa en su conjunto es responsabilidad de la dirección.

PUNTO 10: "ELIMINAR LOS ESLOGANES, EXHORTACIONES Y OBJETIVOS DIRIGIDOS A LOS TRABAJADORES".

Deming ve en **los esloganes y exhortaciones una prueba del fracaso de la dirección**. Su argumento es que si se establecen sistemas adecuados, incluyendo una dirección y formación adecuadas al personal, es innecesario pedir que se trabaje con más ahínco y que se comentan menos fallos.

Por ejemplo, imagínese a un operario a quien le piden que firme esta promesa: "De hoy en adelante, mi trabajo saldrá sin defectos". ¿De qué sirve eso cuando aparezcan rechazos debidos a deficiencias de las herramientas, desajustes de las máquinas o uso de materiales de mala calidad?. Si se remediasen estos factores negativos, el sistema produciría pocos defectos.

PUNTO 11: "ELIMINAR LOS ESTÁNDARES CUANTITATIVOS DE TRABAJO".

Por "trabajadores" entendemos aquí todo el personal. En lo que atañe a los trabajadores de producción, Deming sostiene que **los estándares de cantidades y tiempos carecen de sentido.** Tales estándares se basan en el estudio del trabajador medio; sin embargo, estadísticamente, la mitad de la plantilla actuará con una eficiencia superior

a la media. La presión de los compañeros, declarada o tácita, impedirá que quienes rinden por encima de la media trabajen a pleno potencial, mientras que los trabajadores cuya actuación no alcanza ese nivel se esforzarán por cumplir sus obligaciones.

Los **estándares de trabajo no tienen en cuenta la calidad**. Según Deming, los empleados de las oficinas bancarias trabajan con tiempos estándar para cada tarea, y a todos se les califica diariamente. El tiempo es más importante que el cuidado en la realización de las tareas y en las relaciones con los clientes. Así mismo, **Deming se opone resueltamente al trabajo a destajo que en su opinión, constituye un incentivo para la producción de chatarra**, lo cual, a su vez, destruye la satisfacción por el trabajo bien hecho. Lograr que el trabajador se sienta orgulloso de lo que hace, dice Deming, es la parte más difícil de la mejora de la calidad.

Deming observa que los únicos objetivos cuantitativos permisibles son los que se basan en realidades incontestables; por ejemplo: "Si no incrementamos las ventas en un 10%, el año que viene tendremos que cerrar la empresa", o "La ley no obliga actualmente a limitar el 1% las emisiones de anhídrido carbónico". Incluso en estos casos, es inútil que la alta dirección establezca un objetivo y después deje que cada uno se las arregle como pueda para alcanzarlo.

Para asegurar el logro de los objetivos, se debe cambiar el sistema. Por ejemplo, cualquiera puede reducir las existencias en almacén: basta con que pague al proveedor o al almacenista para que le retenga las mercancías; **sin embargo, para una reducción auténtica se requiere un análisis general y un nuevo diseño de los sistemas de fabricación, pedido, almacenamiento, etc.**

Deming y la evaluación del rendimiento.

Deming se opone a la calificación por méritos, porque:

- **se recompensa a cada persona más por manipular el sistema** que por mejorarlo;
- muy **a menudo es contraproducente**;
- es **incompatible con el trabajo en equipo**;
- **enmascara la falta de una dirección** como es debido;
- **es** intrínsecamente **injusta**.

La calificación por méritos obliga a los empleados a centrarse en la obtención de resultados a corto plazo, cosa que raramente es compatible con la calidad. Por ejemplo, a los gestores de fondos de inversión se les valora según el índice trimestral del rendimiento de sus operaciones. Esta forma de calificarlos, que es de conocimiento público, les tienta a encontrar el modo de "empujar" las cifras para hacerlas subir de manera que den la impresión de que su actuación es más eficaz que las de otros gestores de fondos. Sin embargo, el cliente es a la larga el que paga las consecuencias, ya que la constante compra y venta de títulos que exige esa clase de maniobras entraña un alto riesgo sin más justificación que unas ganancias aleatorias, siempre pequeñas y fugaces. Es mucho más seguro adquirir acciones rentables a largo plazo y esperar sin fijarse en las fluctuaciones diarias de las cotizaciones. No obstante, **el sistema funciona de tal forma que los gestores de fondos de inversión no pueden permitirse el atrevimiento de aconsejar a sus clientes pensando en lo que más les interesa a éstos**. Igualmente, la calificación por méritos de los agentes de policía, medida por el número de detenidos procesado, les tienta a ocuparse únicamente de los delitos de fácil identificación, prescindiendo de los casos más difíciles de solucionar. Incluso pueden llegar a cometer perjurio. La prevención del delito es lo último que tal sistema proporciona. Las cuentas, dice Deming, son un sucedáneo barato de la medición significativa. Por otro lado, una valoración equitativa es virtualmente imposible, ya que la eficacia de las actuaciones depende de una multiplicidad de factores, la mayoría de los cuales no están en manos del individuo.

Deming sigue diciendo que **la calificación por méritos obstruye el trabajo en equipo, porque fomenta el egoísmo**. En el intento de alcanzar sus objetivos, el departamento A no se preocupa de los problemas que puede causar a los departamentos B, C y D. La persecución ciega del interés propio puede desestabilizar a la empresa.

La alternativa de Deming.

- Selección meticulosa de los jefes.
- Instruir a los jefes en sus obligaciones y darles una formación teórica y práctica después de efectuada su selección.

- Conseguir que los jefes actúen como colegas y no como jueces.
- La actuación de los subordinados se ha de evaluar mediante datos estadísticos.
- Entrevistas anuales de tres a cuatro horas con los subordinados, con la finalidad de apoyarles y estimularles.
- Acomodar a los trabajadores solitarios.

La mayor parte de estos puntos no requieren más explicaciones. La filosofía de Deming se basa en el **c**ontrol **e**stadístico del **p**roceso (**CEP**). El **CEP** es una técnica con la cual los datos objetivos se analizan estadísticamente con el fin de determinar la capacidad del sistema y su funcionamiento. Deming hace notar, por ejemplo, que las cifras brutas de producción por empleado no son significativas. Una persona que saca una puntuación de 10 no está actuando necesariamente peor que otra que llega a 15. Lo que cuenta es si la actuación se halla o no dentro del control estadístico.

PUNTO 12: "ELIMINAR LAS BARRERAS QUE PRIVAN AL PERSONAL DEL ORGULLO POR EL TRABAJO".

Deming sostiene que la calificación por méritos o por el rendimiento anual son los mayores obstáculos para el sentimiento de orgullo por el trabajo que debería experimentar el personal asalariado. Para los obreros, la situación es peor todavía, ya que son víctimas de toda una gama de deficiencias de la gestión:

- desorientación acerca de lo que constituye un trabajo aceptable;
- presión para cubrir las cuotas de producción;
- capataces e inspectores carentes de un conocimiento adecuado del producto;
- instrucciones de "pásalo", es decir, de dejar salir productos defectuosos;
- uso de herramientas baratas y máquinas deficientes;
- demoras, escasez de piezas, suministros defectuosos;
- inhibición de la dirección, en el sentido de que se despreocupa de los problemas de suministro y equipamiento porque hay gente a la que se paga para que se encargue de ellos;
- supervisión mediocre, que da lugar a accidentes y, en consecuencia, origina costes innecesarios;
- conocimiento inadecuado del puesto de trabajo;
- planos mal hechos, planos anticuados, cambios de instrucciones y trabajos precipitados;

- apoyo inadecuado por parte de los técnicos e ingenieros;
- sistemas injustos o improcedentes de calificación.

Deming arguye **que fomentar el orgullo por el trabajo induce automáticamente en los operarios el deseo de contribuir al perfeccionamiento del sistema**.

PUNTO 13: "ESTIMULAR LA FORMACIÓN Y EL AFÁN DE SUPERACIÓN PERSONAL".

Deming urge a **las empresas a invertir cuanto puedan, no sólo en formación relacionada con el trabajo, sino también en educación, en el más amplio sentido del término**.

La educación que no tiene relación con el trabajo que uno hace puede que sea la más decisiva de todas. Aunque no está claro por qué, parece ser que Deming nos quiere hacer notar que el estrecho criterio de la rentabilidad de la inversión obedece a una visión miope, y que la verdadera recompensa está en la satisfacción del empleado:

Las personas en su vida profesional, quieren más que dinero, quieren cada vez más tener la oportunidad de aportar algo útil a la sociedad, de forma material o de otro modo.

PUNTO 14: "TOMAR MEDIDAS PARA LLEVAR A CABO LA TRANSFORMACIÓN".

El punto 14 de Deming concierne a la manera de aplicar los trece anteriores. Deming urge a las empresas a que adopten orgullosamente la nueva filosofía y que expliquen sus consecuencias a todo el personal. Por encima de todo, *la paciencia es esencial.*

Deming subraya que el cambio requiere tiempo. **Las empresas deben darse cuenta de que las mejoras pueden tardar cinco o más años en verse realizadas**.

Aunque todas las actividades de la empresa forman parte del sistema y, por lo tanto, deben recibir atención, Deming afirma que se *ha de empezar por aquellas actividades que más pueden mejorar.*

El procedimiento recomendado se resume en el ciclo de Shewart, que se muestra en la figura 1.

FIGURA 1. EL CICLO DE SHEWART.

El ciclo comienza cuando los directivos identifican logros potenciales y los que éstos llevan consigo. La segunda etapa es experimental, se hacen pruebas o se introducen cambios en pequeña escala. Se observan los resultados y luego se someten a estudio: ¿qué lecciones se desprenden?, ¿qué se puede predecir?. Con los conocimientos adquiridos, el ciclo se repite perpetuamente.

3.- EL DISEÑO Y LA CALIDAD.

El diseño es el fundamento de la calidad porque:

- determina las características del producto que producen satisfacción o insatisfacción; y
- un diseño adecuado es más fácil de realizar que uno inadecuado.

El diseño de la calidad tiene como fin minimizar la pérdida que ocasiona el producto al cliente durante su uso.

Rebajar las especificaciones para incrementar los beneficios da como resultado una pérdida desproporcionadamente alta para el cliente.

La pérdida emana de la variación funcional o de efectos dañosos.

Las fuentes de pérdida son:

- consumo de energía;
- expectativa de vida;
- mantenimiento y fiabilidad;
- necesidades de espacio;
- tiempo de preparación o colocación.

Cuidar el diseño para reducir la pérdida beneficia tanto al productor como al comprador.

Un producto bien diseñado:

T es sencillo;

T es barato;

T funciona bien durante largo tiempo; y

T es compatible con otros productos afines.

Antes de embarcarse en un nuevo diseño, es importante determinar qué capacidad se tiene o se puede desarrollar.

Diseñar para dar fiabilidad al producto en el uso disminuye al mismo tiempo la probabilidad de defectos en el proceso de fabricación.

La uniformidad reduce la probabilidad de una acumulación catastrófica de defectos pequeños

La calidad del diseño se puede expresar como relación señal/ruido.

Un producto robusto es el que tiene una alta relación señal/ruido.

Los productos que responden bien en condiciones adversas generalmente son resistentes a los fallos en condiciones normales.

Las fases finales del proceso de diseño se pueden acelerar mediante:

- la integración;
- la eliminación de causas de retraso, principalmente los controles;
- la planificación concurrente.

La innovación radical es estimulante, pero es también muy arriesgada y resulta incompatible con la mejora continua.

En cambio, la mejora continua no excluye el cambio radical, sino que incluso puede llegar a facilitarlo.

Los fabricantes malvenden a veces sus productos porque no saben instruir a los clientes.

Las instrucciones del cliente implica:

- determinar por qué un cliente quiere un producto concreto;
- suministrar datos técnicos en los folletos de venta;
- atraer la atención del cliente hacia tales datos;
- dar explicaciones sencillas y claras respecto a la trascendencia de los datos técnicos;

- atraer la atención del cliente hacia las mejoras del diseño y explicárselas;
- formar al personal de ventas para que sepa dar explicaciones técnicas y responder a preguntas técnicas del cliente.

El cliente es el maestro más importante que tiene el diseñador.

El cliente más importante es aquel que todavía no ha comprado.

4.- LA REALIZACIÓN DEL DISEÑO.

Conformidad con el diseño significa que los requisitos exigidos por éste se cumplen de manera constante y uniforme en la producción.

La planificación es fundamental para conseguir la uniformidad.

Para conseguir la uniformidad es preciso controlar todos los factores que pueden afectar a la calidad del producto.

El sistema de producción lo componen los materiales, el proceso de transformación y la transferencia al cliente.

La planificación reduce la necesidad de exactitud en el control (se puede aspirar a un 80-20).

La planificación debe contemplar todos los aspectos del proceso al que concierne.

La finalidad de la planificación es que los esfuerzos de los empleados se centren con claridad en el objetivo previsto y vayan bien dirigidos hacia éste.

Las listas de control deben complementar la formación, no sustituirla.

La planificación de la calidad incluye unos procedimientos y requisitos concretos para todas las partes en que se divide la producción.

Es aconsejable documentar los requisitos.

Un manual de la calidad contiene normalmente:

- la política de la empresa respecto a la calidad,
- la asignación de la responsabilidad por las decisiones,
- las instrucciones específicas de cada una de las tareas.

Los manuales de la calidad deben reflejar la realidad práctica, no los ideales.

La documentación debe estar en el punto medio entre lo demasiado indefinido y lo demasiado detallado.

El mejor manual de la calidad es aquel que queda anticuado al poco tiempo.

Los buenos sistemas son los que prevén y previenen los errores humanos, no los que se apoyan en amenazas para impedir que ocurran.

Los cuatro principales recomendados para la implantación de los sistemas Poka-Yoke o de prevención de errores son:

- control en la fuente,
- sentido de la proporción,
- sencillez y eficacia,
- centrarse primero en lo que salta a la vista.

La inspección puede incrementar los defectos.

La inspección eficaz es dinámica y está siempre vigilante.

Los fines de la inspección son:

- identificación de los problemas,
- prevención de los problemas, y
- eliminación de los problemas.

El diagrama de “espina de pescado” es un instrumento de diagnóstico que resulta muy útil.

Las relaciones entre causa y efecto raramente son simples; el diagnóstico de un problema requiere tiempo, paciencia y mente abierta.

La designación de un director de la calidad puede ayudar en las fases iniciales de la transición.

Los directores de la calidad sólo son útiles si reciben la autoridad adecuada y si la calidad sigue siendo responsabilidad de todos.

La designación de un director de la calidad puede crear tensiones contraproducentes.

5.- LA CERTIFICACIÓN DE LA CALIDAD.

Las normas **BS 5750** e **ISO 9000** se aceptan más cada día como símbolos de calidad.

Las normas antiguas se centraban en la especificaciones de los productos en vez de hacerlo en el sistema de producción.

Los objetivos de la norma **BS 5750** son:

- especificar los requisitos del sistema de gestión de la calidad;
- servir de base para los contratos entre comprador y proveedor;
- que cualquier tipo de empresa pueda establecer por escrito un sistema de gestión de la calidad práctico y claro;
- proporcionar un medio para determinar la capacidad de un proveedor potencial;
- elevar los niveles de calidad al promocionarla como arma competitiva.

Básicamente, la norma **BS 5750** requiere que las empresas demuestren que sus sistemas son capaces de cumplir los requisitos estipulados por los clientes.

La demostración de la capacidad incluye:

- métodos de trabajo, procedimientos y sistemas claros;
- sistemas de comunicación claros;
- delimitación clara de la responsabilidad;
- documentación completa de todos los sistemas;
- control de la documentación y procedimientos claros para cambiarla;
- un plan adecuado de formación.

Se valoran todas las actividades de la empresa.

El modelo de sistemas de calidad **BS 5750** consta de 20 elementos, a saber:

- Responsabilidad de la dirección.
- Sistema de calidad.
- Revisión de los contratos.
- Control del diseño.
- Control de los documentos.
- Compras.
- Productos facilitados por el comprador.
- Identificación y seguimiento.
- Control de los procesos.
- Inspección y pruebas.
- Aparatos de inspección, medida y comprobación.
- Identificación de los productos conformes y no conformes.
- Control de los productos no conformes.
- Acción correctora.
- Manejo, almacenamiento, embalaje y envío.
- Registro de la calidad.
- Auditorías internas de la calidad.
- Formación.
- Servicio de mantenimiento.
- Técnicas estadísticas.

Se requiere que las empresas, del modo que sea apropiado en cada caso, sigan los criterios **BS 5750** respecto a cada uno de esos elementos.

Para obtener la acreditación, las empresas pueden utilizar cualquier método que deseen.

El modelo siguiente ha demostrado su eficacia en muchas ocasiones.

- formación teórica y práctica en el campo de la calidad en general y en el ámbito de la norma **BS 5750** en particular;
- revisión completa de todos los sistemas y procedimientos que se aplican en la empresa;

- diseño y documentación de nuevos sistemas y procedimientos;
- pruebas piloto;
- revisión y modificación de lo que sea necesario,
- implantación a escala real;
- auditoría de los procedimientos y de las actividades.

Es aconsejable contar con el asesoramiento de un especialista antes de iniciar el proceso de obtención de la acreditación.

La norma **BS 5750** no es una panacea para la supervivencia de las empresas. En la obtención de la acreditación hay que pensar en el coste de oportunidad.

Antes de comprometerse o contractualmente con un proveedor acreditado según la norma **BS 5750**, conviene verificar la realidad que hay detrás de la certificación.

El verdadero valor de la norma **BS 5750** se aprecia en toda su magnitud cuando esta norma se toma como un medio para alcanzar un fin, es decir, como los cimientos de una cultura de la calidad.

6.- LA CALIDAD EN LAS EMPRESAS DE SERVICIOS.

Las empresas de servicios son aquellas que entregan su producto **directamente a los clientes**.

Las empresas de servicios constituyen un importante segmento de la economía nacional, cuyo crecimiento no cesa; sin embargo, son vulnerables a la competencia.

A diferencia de las empresas industriales, en las de servicios el productor y el cliente se encuentran cara a cara.

El punto de encuentro es aquel en que el producto cambia de manos: se le da el nombre de *interfaz* de entrega.

La mayoría de las empresas de servicios tienen varias interfaces de entrega.

Las empresas de servicios plantean problemas de gestión especiales;

- la entrega del servicio,
- el carácter perecedero del servicio,
- la interacción entre el productor y el cliente,

- la naturaleza inmaterial de la calidad.

La interacción entre el productor y el cliente causa un efecto decisivo en la percepción de la calidad.

Las empresas de servicios son muy volátiles, pero, si se dirigen acertadamente, los errores se pueden convertir en ventajas.

Las expectativas de los clientes se refieren al aspecto funcional y al aspecto técnico del servicio.

El elemento técnico concierte a la interfaz de producción. El elemento funcional concierne a la interfaz de entrega del servicio.

El elemento funcional es el más importante.

La calidad viene determinada por:

- la fiabilidad,
- la sensibilidad,
- la competencia,
- el acceso,
- la cortesía,
- la comunicación,
- la credibilidad,
- la seguridad,
- la comprensión,
- los elementos materiales.

Pero inspirar confianza es el factor más importante, y está por encima de todos los anteriores.

La eficacia técnica y la calidad funcional pueden estar en contraposición. Sin embargo, tal antagonismo es por lo regular más aparente que real.

En la prestación de un determinado servicio, la clave de la calidad está en la satisfacción del cliente.

El cliente queda satisfecho cuando ve cumplidas sus expectativas.

Cumplir las expectativas del cliente significa:

- identificar los determinantes de la calidad que son importantes para el cliente;
- manejar las expectativas del cliente;
- impresionar al cliente;
- instruir al cliente;
- crear sistemas de apoyo fiables;
- solicitar al cliente su opinión sobre el servicio.

El personal de primera línea desempeña un papel decisivo en la prestación de los servicios porque:

- esos empleados representan a la empresa;
- son los primeros en enfrentarse a las crisis;
- se encargan de la potencialmente volátil interfaz con el cliente.

Un personal de primera línea con buena formación es un arma competitiva formidable.

7.- EL TIEMPO

El hombre no es nada; es, a lo sumo, el armazón del tiempo.

El tiempo es más que oro; en la actualidad es un arma competitiva por derecho propio.

Aumentar la calidad significa mejorar los sistemas de producción, lo cual exige a su vez métodos más eficaces, fáciles y rápidos. Hoy en día, los japoneses están explotando su primacía en el terreno de la calidad para minimizar el tiempo total de producción se entiende el que transcurre entre la formulación de un pedido y la entrega efectiva del bien o servicio.

Los japoneses ya han hecho avances espectaculares.

A un grupo de industrias occidentales que visitaban una factoría de Japón les preguntaron cuánto tiempo se tardaba, en su opinión, para fabricar una lavadora.

<<Una semana>>, respondieron, sin duda deseando halagar a su anfitrión. <<Nosotros tardamos dos horas y media>>, les replicó el ingeniero jefe de producción.

La rapidez, igual que la calidad, es un medio; el fin es la competitividad y la supervivencia. El tiempo es un arma poderosa, porque significa más que la satisfacción experimentada por el cliente al recibir antes el producto o servicio. Por importante que sea esto, las ventajas más significativas son otras:

- La reducción de los costes,
- El aumento de la flexibilidad.

Esos dos factores son interactivos. Lo cierto es que disminuir en una cuarta parte el tiempo requerido para producir bienes o servicios dobla el rendimiento del capital circulante y de la mano de obra, lo cual puede significar una reducción de costes de hasta el 20%. El mejoramiento de las actuaciones requiere una reorganización global de la logística y los métodos de producción en masa. La fabricación de lotes pequeños y no según el procedimiento convencional de la producción en masa. La fabricación de lotes pequeños facilita la flexibilidad, lo cual permite que las empresas puedan responder rápidamente y sin muchos gastos a las variaciones de la demanda. Esto no sólo significa que podrán ofrecer una selección más amplia de bienes o servicio, sino que reducirán e incluso eliminarán el despilfarro debido a los excesos de producción y de existencias.

7.1.- Los conceptos de la competencia basada en el tiempo

El valor añadido

La producción total comprende el diseño, la preparación la producción propiamente dicha y la entrega. La rapidez en la fase de diseño se comentó anteriormente. Ahora nos vamos a ocupar de los otros tres elementos que integran la producción total.

La clave de la competencia basada en el tiempo no se halla en la mera aceleración del ritmo de trabajo de las máquinas y de los operarios, sino que también hay que incluir la eliminación del despilfarro. ,

La mayoría de los especialistas consideran que despilfarro son los materiales que se estropean o se descartan y el tiempo que se malgasta.

Esta visión es parcial; despilfarro es toda operación que no añade valor al producto. Imagine todas las piezas de un automóvil apiladas en un montón. Cada pieza tiene un determinado valor pero el valor de las piezas sueltas es menor que el del vehículo terminado, ya que la batería la caja de cambios, etc., son prácticamente inservibles por sí solos. Sin embargo, cuando se realiza el montaje del automóvil, cada etapa de este proceso de construcción añade valor al producto. Por ejemplo, una carrocería pintada vale más que otra sin pintar. Por consiguiente, el proceso de producción se puede ver como un sistema de adición continua de valor.

Muchos sistemas de producción accidentales son extremadamente ineficaces. La figura 2 muestra los porcentajes típicos de tiempo de fabricación productivo e improductivo.

De todo el tiempo dedicado a la obtención de un producto, sólo el 5% añade valor. En muchas empresas el porcentaje es todavía inferior. Un fabricante de camiones pesados tarda 50 días en la preparación de un pedido par el montaje, pero sólo necesita 18 horas para efectuar el montaje real del vehículo.

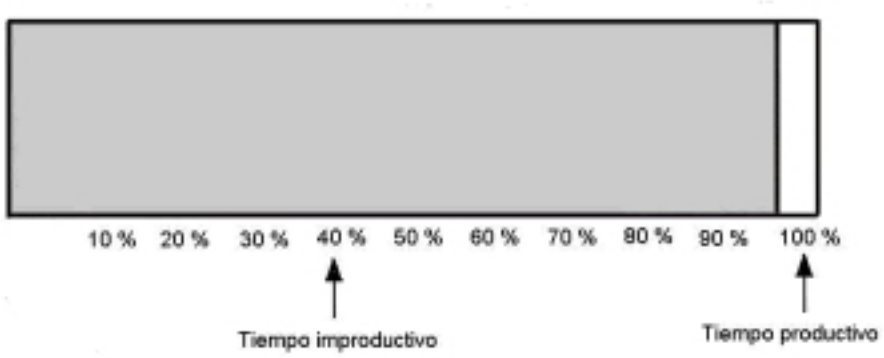


FIGURA 2. .PROPORCIÓN HABITUAL DE TIEMPO PRODUCTIVO E IMPRODUCTIVO EN LA FABRICACIÓN

En otras palabras, con este sistema de fabricación, al producto sólo se le acumula valor añadido durante menos del 1% del tiempo total.

LAS CAUSAS DE TIEMPO IMPRODUCTIVO

Entre las causas de despilfarro se cuentan:

- Los preparativos,
- Los tiempos de espera,
- Los movimientos innecesarios,
- Los excesos de producción,
- Los rechazos,

- Los tiempos de preparación de las máquinas
- El transporte,
- Las operaciones innecesarias,
- El desperdicio de materiales,
- Las malas comunicaciones,
- El papeleo,
- El desorden,
- Los cuellos de botella,
- La mala programación.

Cada una de estas causas se explica a continuación.

Los preparativos

Los preparativos sólo añaden coste, nunca valor.

La figura 3 muestra una distribución típica del tiempo, por actividades, cuando se taladra un agujero.

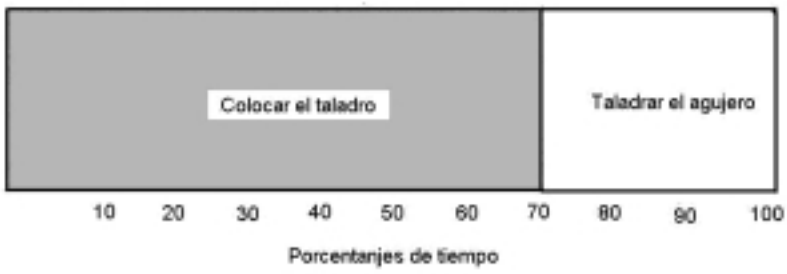


FIGURA 3. PÉRDIDA DE TIEMPO A CAUSA DE LOS PREPARATIVOS PREVIOS

El 70% del tiempo empleado en taladrar una chapa se dedica a montar y posicionar el taladro. La actividad que añade valor, es decir, la perforación del metal, sólo ocupa el 30% de la duración total de la operación.

Evidentemente, para mejorar algunas operaciones se exigen cálculos complejos y detallados. Por ejemplo, hay al menos 27 maneras distintas de hacer un agujero en un cuchillo de mesa. Se deduce por lo tanto que habrá infinidad de operaciones que se podrían mejorar sin dificultad, pero que continúan haciéndose de un modo ineficaz porque nadie se da cuenta del despilfarro evitable que originan día tras día. Vea por ejemplo la diferencia entre dos armarios para guardar papel, uno de los cuales

contienen cajas de tamaño y forma idénticos mientras que las cajas del otro son todas distintas. El primero no sólo se puede llenar con más fácil y rápido de usar y mucho menos propenso a corrimientos y derrumbamientos que tanto tiempo hacen perder.

Una justificación para la resistencia al cambio es que los métodos inferiores parecen más baratos. Por ejemplo, las máquinas de escribir resultan antieconómicas por el mucho despilfarro que ocasionan, sin embargo, en muchos sitios se siguen utilizando porque se cree, que un procesador de textos es demasiado caro. Igualmente, el propietario de un pequeño taller de automóviles lleva 10 años perdiendo diariamente media hora por la mañana y otra media por la tarde en maniobras de meter y sacar coches porque el local es demasiado pequeño y está mal distribuido. Este hombre opina que sus ingresos no le permiten pagar el alquiler de un local apropiado; ahí está su error, porque, como lo demuestra la experiencia de las empresas japonesas, la mejora de la disposición del lugar de trabajo y de las tareas proporciona un incremento de la productividad que compensa son creces los costes.

Los tiempos de espera

Hay dos tipos de retrasos, el agudo y el crónico. Los retrasos agudos son los causados por fallos del sistema tales como una falta de materias primas, un problema de una máquina y los efectos secundarios del fallo inicial. Lo mismo que ante un dolor que aparece de repente, la interrupción de la marcha del trabajo y los costes que origina evidentemente estimulan la intervención. El retraso crónico es el que está incorporado al sistema. Es el más odioso de los dos, porque es casi siempre el más costoso y menos visible. Escapa a la atención precisamente porque no supone una alteración que alerte a los directivos. Todo parece funcionar con regularidad, aunque, realmente, hay un despilfarro enorme. Por ejemplo, el esquema de la figura 4 muestra el recorrido de una carta, remitida por una financiera de préstamos al departamento de personal de una empresa en la que se solicita la confirmación del sueldo de un empleado a fin de evaluar su solicitud de un crédito.

Transcurre un día entero entre la llegada de la carta al centro de recepción del correo y su envío a la oficina de personal. Pasa otro día más antes de que se registre la entrada de la carta y se deposite ésta en la mesa del director de personal. Donde permanece al menos otro día porque él está fuera. Transcurrido este tiempo, el director de personal, lee la carta en un momento y la pasa a su ayudante (¿ qué director de personal no tiene un ayudante?). Al día siguiente, el ayudante la envía a la sección de salarios para recabar la información solicitada por el remitente. Como en esta sección se hallan muy ocupados en el cálculo y preparación de la nómina, transcurren otros 3 días más antes de que el encargado disponga de los 5 minutos que necesita para buscar la cifra y garabatearla en la carta correspondencia interna antes de volver a manos del ayudante del director de personal Éste redacta una contestación de dos líneas, que concluye en unos 10 minutos. La carta de respuesta se pasa un día o día y medio en la mesa del director de personal en espera de la firma. Una vez firmada, se la lleva el ayudante para enviarla al destinatario. Como ya se ha recogido la correspondencia, la carta de respuesta tarda un día más en salir. El tiempo de espera asciende así al equivalente de 10 días de trabajo, mientras que el tiempo de cumplimiento de la tarea sólo ha sido de 15 minutos. El sistema es ciertamente antieconómico y, sin embargo, muy fácil de mejorar. Por ejemplo, el 50 % de la demora se podría eliminar sin más que remitir directamente la carta al departamento de salarios. Observen también los retrasos que origina el exceso de control que ejerce el director de personal. ¿Qué necesidad hay de que la carta vaya y vuelva por toda la cadena y de que la firme él? Lo más seguro es que éste no pueda saber si la información que recibe es correcta o no, a menos que repita por sí mismo toda la operación.

La supervisión de las máquinas también se encuentra como perdida de tiempo. Tal pérdida se puede reducir mediante:

- La instalación de sensores que avisan a los operarios si algo empieza fallar;
- La asignación de un operario a un grupo de máquinas en vez de a una sola;
- La agrupación de las máquinas que no requiere supervisión humana

Unas palabras de advertencia: aunque la supervisión de la máquina no añade valor al producto, hay muchas formas de asistencia humana que sí lo hacen. Por ejemplo, las joyerías suelen estar generosamente dotadas de personal, para poder atender a los clientes sin prisas. Cuando se busca la eliminación del despilfarro, es importante diferenciar entre funciones que añaden valor y funciones que no lo añaden. Los métodos tradicionales de reducción de costes raramente se fijan en esa distinción y, por lo tanto, suelen resultar a la larga más perjudiciales que beneficiosas.

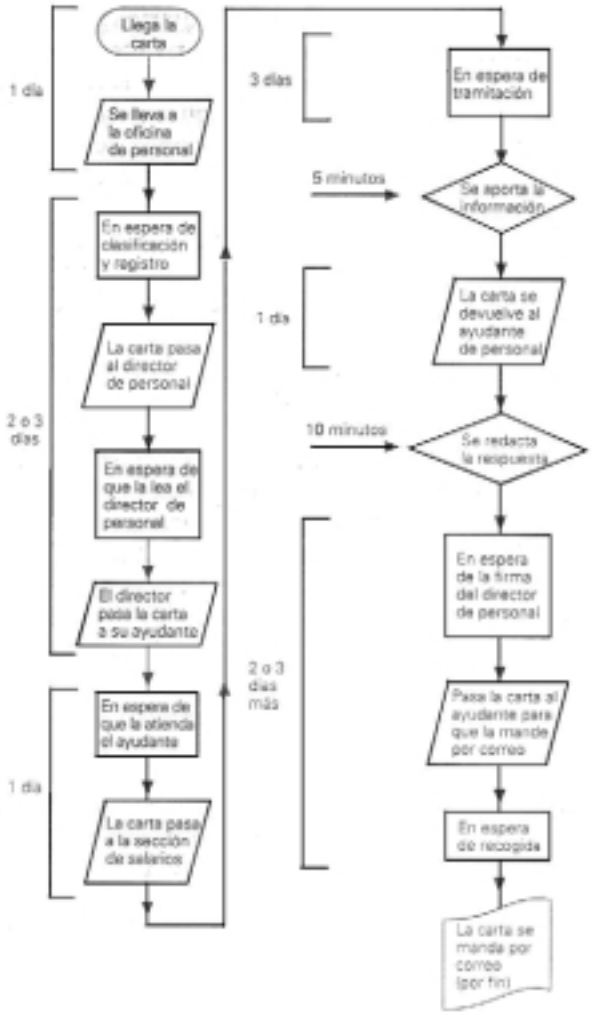


FIGURA 4. RETRASO DEL PROPIO SISTEMA EN CONTESTAR UNA CARTA DE RUTINA.

Los movimientos innecesarios

Todo movimiento innecesario ocasiona una pérdida de tiempo. Aunque algunas empresas han invertido en robótica, el método que siguen los japoneses es el de empezar por suprimir los movimientos innecesarios. La identificación de éstos quizá exija poner en tela de juicio las ideas de toda la vida respecto a cuál es la manera más rápida de hacer las cosas. Por ejemplo, el trabajo de un operario era sellar lotes de pequeñas cajas. Cuando éstas quedaban sellada, las cargaba en mas adentro de un contenedor a fin de minimizar el número de movimientos. Ahora bien, ese movimiento único era realmente más lento que la suma de movimientos que exigiría el colocar por separado cada caja en el contenedor, debido a la dificultad de movimiento de un montón de cajas pequeñas dentro de un espacio cerrado.

La razón de que muchas operaciones sean ineficaces está en que se basan en la idea de que la tarea es lo primero y la persona que la efectúalo segundo. Tal conceptuación, tan poco perspicaz, explica por qué los operarios de las líneas de montaje de automóviles tuvieron que hacer de contorsionistas para trabajar en el compartimento del motor. El cambio de diseño de las operaciones, para ajustar la tarea a la persona, no condujo ala indolencia y la anarquía. Sirvió para que se acelerase la producción al suprimir muchos movimientos improductivos, reducir la fatiga y disminuir la posibilidad de accidentes

Los excesos de producción

Las empresas japonesas se esfuerzan por restringir la producción de modo que sólo cubra la demanda inmediata. El espacio de almacén se limita deliberadamente y las máquinas se paran en cuanto el volumen de las existencias alcanzan un determinado nivel. Este procedimiento se denomina <<hacer hoy lo que se necesite mañana>> o producción <<justo a tiempo>>, técnica que se describe más adelante.

Los rechazos

Los rechazos originan demoras en alguna parte del sistema; de aquí la aplicación de los principios de la gestión de la calidad total.

Los tiempos de preparación de las máquinas

Algunos de logros más espectaculares que se han visto en Japón son los que conciernen a la reducción de los tiempos de preparación de las máquinas (de 5 horas a 3 minutos en algunos casos). El esquema de la figura 5 muestra la magnitud de esta reducción.

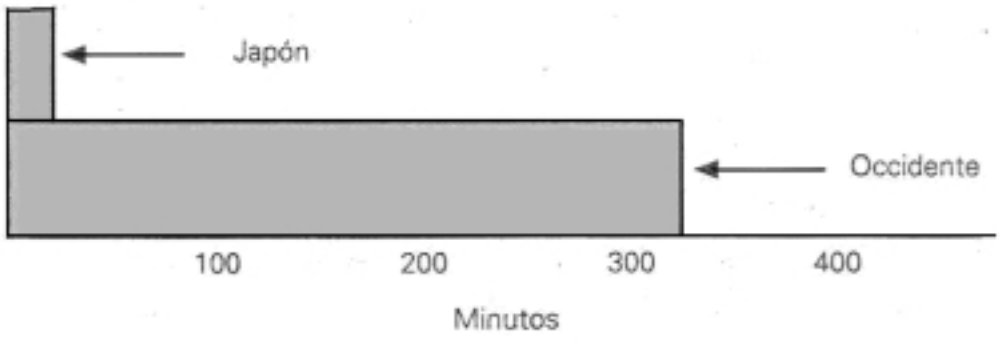


FIGURA 5.COMPARACIÓN ENTRE LOS TIEMPOS DE PREPARACIÓN DE MÁQUINAS DEL JAPÓN Y DE LOS PAÍSES OCCIDENTALES

Al reducir los tiempos de preparación no sólo se consiguen ahorros en los costes directos, sino que se logra al mismo tiempo algo que tiene la máxima importancia, a saber: que los fabricantes puedan responder rápida y fácilmente a las variaciones de la demanda y ofrecer a los clientes más productos entre los que elegir.

Reducir los tiempos de preparación significa amoldarse al concepto de valor añadido y avanzar por la senda de la eliminación del despilfarro. Por ejemplo, el taller de reparación de vehículos de una empresa trabajaba por orden de solicitudes, de manera que, en un día dado, tenía que reparar vehículos de toda marca, edad y condición y preparar diferentes herramientas y materiales para cada uno. La racionalización de las tareas supuso atender cada día los vehículos de un determinado modelo y permitió conseguir una reducción de los tiempos de preparación y aumentar la rapidez de las reparaciones. Evidentemente, esto exigió que los clientes internos se planificasen, pero descubrieron en seguida que esta pequeña disciplina al menos les permitía estar seguros de que un vehículo determinado quedaría reparado el día previsto, en vez de tenerlo esperando indefinidamente porque faltaban piezas o porque no había personal que se pudiera ocupar de él. Es interesante advertir que de esta manera se consiguió mejorar la marcha general de las actividades, pues al planificar un aspecto de éstas, había también que planificar los restantes.

El transporte

Transporte significa tiempo de espera, ya se trate de trasladar componentes de un sitio a otro, llevar una comida de la cocina a la mesa o transmitir una carta por telecopia. La mayoría de los trabajos de fabricación o de prestación de servicios conllevan toda una serie de demoras de este tipo. Por ejemplo, pensemos en el proceso de acabado de un lote de bombillas. Un operario coloca los componentes. Un segundo operario toma las unidades montadas y las deposita en una bandeja de carga. Las bandejas se almacenan en una zona de productos semideterminados. Un tercer operario las lleva a la sección de ensamblado final, el cual se efectúa automáticamente

Acto seguido, un cuarto operario pone los productos en otras bandejas que se apilan y trasladan al almacén final. ¿Qué porcentaje del tiempo y del trabajo constituye adición de valor?

Una de las causas principales de retraso es la propensión humanan de olvidarse de que la distancia más corta entre dos puntos es la línea recta. La simplificación puede reducir sustancialmente la necesidad de transporte, al eliminar tantas etapas del proceso como sea posible. El servicio de ambulancias de emergencia de Londres tiene fama de ser el más lento de Gran Bretaña. La operadora de la centralita telefónica toma primero los datos. A continuación, los transmite a un departamento de control, cuyos empleados localizan la ambulancia necesaria en un archivo manual de vehículos disponibles y transmiten el mensaje a la ambulancia por radio o a la estación oportuna de teléfono. Suponiendo que se reciba el mensaje y que la ambulancia está efectivamente libre, el conductor y los sanitarios que le acompañan recorrerán las calles sorteando el tráfico y perderán todavía más tiempo recogiendo y reconociendo al enfermo al accidentado que les han indicado. La demora es por lo tanto doble: primero, porque hay que <<transportar>> el vehículo. La reorganización actual del servicio busca la manera de aplicar el principio de la línea recta. El sistema dispone de pantallas de ordenador para el control de vehículos, que actualizan los datos cada 13 segundos; también cuenta con transmisión directa de llamadas y de información acerca del enfermo accidentado, que se recibe en un terminan instalado en la cabina de cada ambulancia, y con personal paramédico que patrulla por la ciudad en motocicleta a fin de proporcionar asistencia médica rápida en casos de accidentes graves. La flexibilidad creada por el nuevo sistema reduce así mismo el número de estaciones necesarias, lo cual ilustra la interrelación que existe entre la calidad, el coste y el tiempo.

Las operaciones innecesarias

Cualquier operación que no añada valor al producto debe ser eliminada. Aunque esto pueda parecer obvio, es sorprendente ver con cuánta frecuencia hacemos las cosas porque las hemos hecho siempre. Por ejemplo, es costumbre en muchas oficinas anotar toda la correspondencia que se recibe, por temor a que se pierda alguna. Dejando aparte el hecho de que las anotaciones suelen ser tan indefinidas que no permiten identificar un mensaje en particular, el sistema debe ser tan perfecto de que no exista la posibilidad de que se extravíe una carta. ¿Para qué sirve un sistema que nos permite confirmar a un cliente que recibimos su carta el 20 de Septiembre y que la perdimos unos días después? Algunas operaciones que, según las apariencias, añaden valor al producto puede que sean en realidad antieconómicas por el despilfarro que originan. Por ejemplo, pintar los marcos de ventana hechos en madera blanda evidentemente les añade valor, pero a la larga resultaría mucho más barato utilizar marcos de cloruro de polivinilo para exteriores, porque no requieren tratamiento preparatorio ni mantenimiento.

El desperdicio de materiales

Lo mismo que un buen cocinero jamás desperdicia nada, las empresas deben diseñar sus sistemas de forma que se minimicen las pérdidas por robo, deterioro en los almacenes, manejo inadecuado, etc.

Las malas comunicaciones

Las comunicaciones son, frecuentemente, el estímulo para la toma de decisiones bien documentadas y para emprender las acciones apropiadas. Los malos entendidos originan retrasos y despilfarro y conducen a la perdida de oportunidades, cosa todavía más lamentable. En muchas empresas japonesas se evalúa a los ejecutivos por la claridad de sus comunicaciones; incluso hay algunas donde los directivos, antes de remitir una nota, han de revisarla con ayuda de una lista de comprobación. Si esto le parece poco realista, le conviene recordar que el 80 % de las comunicaciones que se efectúan dentro de una empresa conciernen a asuntos rutinarios y, en consecuencia, se prestan a un cierto grado de estructuración. La formación es igualmente vital, ya que no se puede suponer que todas las personas saben exponer claramente sus ideas por teléfono o por carta.

El papeleo

El papeleo absorbe tiempo. Esto explica por qué los clientes de las empresas de venta por correo tienen que contar con un plazo de espera de 28 días, mientras que una tienda puede despachar los pedidos el mismo día. Cuanto más cortos y sencillos sean los trámites administrativos, incluidos los procesos de toma de decisiones, tanto menores serán el despilfarro y la posibilidad de error. Las grandes empresas son particularmente propensas a la ineficacia administrativa, porque su tamaño las hace sentirse vulnerables.

Buscan la manera de compensar este punto débil y, para ello, se exceden en los métodos de control.

La oficina de una sucursal necesita un aparato de telefax. Para obtenerlo, el director de la sucursal ha de cursar primero una solicitud, y ésta necesita luego la firma del director de las oficinas centrales. La solicitud se coteja ahora con el presupuesto, trabajo que efectúa el departamento administrativo. Acto seguido, este departamento emite la solicitud a la oficina de compras, donde se emitirá un pedido (a su debido tiempo). Sin embargo, ¿qué efecto causan estos controles en la eficacia del sistema? Un efecto negativo, de demora. Si el director de la sucursal tuviera un presupuesto y unas directrices, ¿no podía asumir con seguridad la responsabilidad de esta clase de operaciones? En realidad, lo único que hace falta es un pedido y una firma.

Las inspecciones necesaria son una fuente de retrasos importantes. Por ejemplo, una peluquería cualificada ha de comprobar el trabajo de las aprendizas. El resultado concreto no sólo es que el cliente tiene que esperar cinco o diez minutos más, mientras la aprendiza localiza a la peluquera. Sino, que ésta ha de interrumpir su trabajo y dejar esperando al cliente que atiende en ese momento. Si la aprendiza es lo suficientemente competente para hacer el trabajo, seguro que sabe juzgar los resultados y pedir consejo si lo necesita.

Los tiempos de espera en las consultas médicas se podrían reducir si se permitiera a los pacientes reservar el tiempo que necesitan, en lugar de poner las citas cada cinco a diez minutos. Cuando esta idea se puso a prueba en Gran Bretaña, el personal sanitario no la veía con buenos ojos ya que el control pasaría de sus manos a las de los pacientes. ¿Qué ocurriría si éstos empezaban a pedir consultas de media hora? Tal objeción carece de base, porque de todos modos es el paciente el que determina la duración de la consulta. Pedirle a cada paciente que calcule el tiempo que necesita disminuye la imprevisibilidad, que es la principal causa de retrasos.

El desorden

Mire los montones de papeles que cubren la mesa de su despacho,. ¿Cuántos de estos documentos ha consultado usted la semana pasada o en los últimos quince días? Si necesitase consultar algo, ¿lo hallaría entre esa masa de información? El desorden quita rapidez a los sistemas de adición de valor.

Los retrasos se presentan en cuanto el personal tiene que trabajar rodeando obstáculos y perdiendo el tiempo en busca de herramientas, formularios, etc. Basta con pensar en las incontables horas que perdemos al año revolviendo la mesa, la cartera y los bolsillos en busca de un bolígrafo. La solución no está en imponer a los empleados las reglas que les exijan ordenar periódicamente su lugar de trabajo, sino en darse cuenta de que el orden es producto del sistema y en reformar éste. Los procedimientos que permiten trabajar ordenadamente eliminan la necesidad de limpieza y reclasificaciones periódicas porque, por definición, evitan el desorden, aparte de ser más eficaces en lo demás.

Los cuellos de botella

Fíjese en un momento en la figura 6. ¿Qué capacidad de producción por hora tiene el sistema?

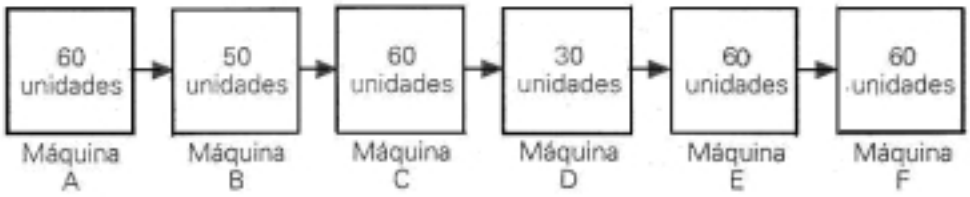


FIGURA 6. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN POR HORA

La respuesta es 30, porque la producción viene determinada por la etapa más lenta del proceso. Por otro lado, la producción real es incluso inferior a la máxima teórica, ya que el trabajo tiende a apilarse en el << cuello de la botella>>. Tal paralización no sólo ocasiona retrasos, averías y por lo tanto costes, sino que sus efectos secundarios pueden llegar mucho más lejos, si obliga a modificar la programación de la producción para que ésta pueda cumplir los compromisos.

Los cuellos de botella no son exclusivos de las fábricas. La diferencia estriba en que, mientras los efectos que producen en una fábrica saltan a la vista, los que causan en una empresa de servicios frecuentemente son invisibles.

Los directivos de estas empresas raramente son ingenieros y, por consiguiente, no suelen percatarse enseguida de los cuellos de botella ni de los costes que originan. Educados en la economía estricta, compran diez ordenadores personales y sólo una impresora, y luego se extrañan de que las cosas vayan aún más despacio que antes. Del mismo modo, la celeridad del departamento de rayos X de un hospital es igual a la del aparato más lento. En vez de tratar de mejorar el sistema invirtiendo en equipamiento nuevo o complementario, los directivos prefieren exhortar al personal para que trabaje rodeándolos grandes obstáculos que los desmoralizan. Es una mentalidad miope e indolente, ya que toda inversión adicional no sólo es rentable, sino que conduce casi invariablemente a un sustancial incremento de la productividad. Una hora perdida en un cuello de botella es una hora que pierde todo el sistema.

La mala programación

La rapidez exige que se ponga una atención cuidadosa en la logística. Según Shingo, las demoras no se deben tanto a la falta de tiempo como a una mala programación. En otras palabras, cuando algo no se hace a tiempo, es casi siempre porque no se ha programado bien. Una de las razones principales estriba en el pensamiento secuencial.

A los directivos se les ha enseñado que proceder con lógica significa avanzar paso a paso, no iniciando una operación hasta haber terminado la anterior. El problema que plantea este método es que a menudo haya retrasos sustanciales e inevitables entre las etapas. Se puede ahorrar mucho tiempo si se realizan a la vez aquellas tareas que pueden hacerse así. En la clínica de un dentista, por ejemplo, un paciente recibe anestesia local y mientras espera a que el anestésico haga efecto, un segundo paciente recibe el tratamiento del doctor. Aunque este tipo de <<programación concurrente>> es una técnica habitual en la gestión de proyectos, resulta desconocido para muchos directores de empresas y muchos profesionales que no son dentistas.

7.2. La producción <<justo a tiempo>>

El objetivo del sistema JAT

Las empresas japonesas más avanzadas consideran que su éxito en la reducción del despilfarro y en la aceleración de la producción se debe a la puesta en práctica de los métodos de trabajo que se han dado en denominar <<justo **a** tiempo>> (**JAT** en adelante). El **JAT** es un sistema que tiene como objetivo:

Elaborar y entregar productos determinados justo a tiempo para ser vendidos, subconjuntos justo a tiempo par montar los productos terminados, piezas justo a tiempo para formar subconjuntos, y materias primas justo a tiempo para fabricar las piezas.

Inversión del orden de los conceptos

La producción **JAT** invierte el orden tradicional de los conceptos que rigen un proceso de fabricación, es decir, establece estas tres direcciones:

1. Primero vender y luego producir.
2. La producción se planifica <<hacia atrás>> y no <<hacia delante>>.
3. Los sistemas de producción son <<de tiro>>, no <<de empuje>>.

Venderlo primero y fabricarlo después

Mientras que el método convencional de fabricación es fabricar primero el producto y proceder a su venta cuando está terminado, el sistema **JAT** sigue el orden inverso; venderlo primero y fabricarlo después.

Lo ideal es no producir una cosa, sino cuando se tiene un comprador. Se elimina así el almacenamiento y los costes de las existencias. En algunas empresas automovilísticas de Japón, los coches se envían a destino con el nombre del cliente puesto en ellos.

Aunque algunos fabricantes de Gran Bretaña trabajan sobre pedido, la rapidez de sus operaciones raramente es competitiva. Por ejemplo, los clientes que solicitan muebles de oficina deben armarse de paciencia, ya que la entrega tarda unas a ocho semanas. En Japón, el plazo de espera es de ocho días o menos.

Pensar <<hacia atrás>>

La producción en masa de tipo convencional se planifica desde la iniciación hasta la terminación; en cambio, el sistema JAT comienza con la visualización <<hacia atrás>> del proceso de producción, es decir, llega al principio de éste partiendo de su final.

Con el sistema **JAT**, el personal responsable de la última operación es el primero en recibir el plan de producción; determina sus necesidades y se lo pasa al equipo que se ocupa de realizar la etapa anterior .Con este procedimiento hay más claridad y rigor, pues la empresa ha de tomar las riendas del proceso antes de iniciar la producción. Una buena manera de comprender la eficacia de esta técnica es pensar en una tarea sencilla, tal como podría ser ordenar una habitación. Para empezar, ¿qué aspecto tiene una habitación ordenada? La pregunta hace que nos formemos inmediatamente una imagen que será el modelo, la norma. Quitar el polvo debe ser la última operación, porque todas las demás las levantan ¿qué requiere esta operación y cuál ha de ser la anterior?

Cualquier persona con disciplina mental suficiente para seguir este proceso hasta llegar a la operación inicial (retirar los periódicos viejos) descubrirá la eficiencia que se alcanza cuando se trabaja con rapidez en la dirección correcta.

Sistema <<de tiro>>, no <<de empuje>>

La producción en serie, de tipo convencional, funciona con impulsión, mientras que la producción **JAT** funciona con tracción.

En la producción convencional, los materiales o componentes le llegan en una cinta transportadora al operario, el cual los manipula mientras pasan a su lado. Por ejemplo, pone una guinda en los pasteles, coloca el capuchón a las plumas estilográficas, empaqueta latas en cajas, etc. El nivel de producción viene determinado por la velocidad de avance de la cinta transportadora. Aunque ésta se puede detener en caso de emergencia, la idea es que el operario siga el ritmo de la cinta.

Los sistemas convencionales tienen la ventaja de ser previsibles, lo cual permite la aplicación de técnicas matemáticas complejas que facilitan la optimización de la producción. El precio es la inflexibilidad, ya que los sistemas convencionales requieren lotes de producción muy grandes. Dado lo complicado y costoso que resulta la conversión de las máquinas es difícil atender a las variaciones frecuentes o repentinas de la demanda. Por otro lado, es necesario un complicado equilibrio para mantener un flujo constante. Como tal precisión sólo se puede conseguir en contadas ocasiones, cada etapa del proceso se debe proteger con existencias reguladoras, con todos los gastos inherentes a ello. Los costes indirectos de las existencias son elevados; por ejemplo, los productos en curso de fabricación pueden ocupar hasta el 70 % de la superficie de un taller.

Los sistemas productivos de <<<tiro>> o <<tracción>> se utilizan con el fin de eliminar las existencias y facilitar la flexibilidad. Se basan en <<pensar hacia atrás>> y en el control operativo. La idea es que nada avance en la cadena hasta que el operario esté preparado para recibirlo. El propio operario señala que está preparado al tirar literalmente de los materiales hacia supuesto de trabajo. En teoría, nos pueden acumula existencias porque todas las actividades se efectúan <<justo a tiempo>> para la etapa siguiente.

Una ventaja adicional de los sistemas <<de tiro>> es la disminución de la probabilidad de defectos. Si un operario mete en la cadena un semiproducto defectuoso, éste no podrá ser ignorado, pues no hay repuesto. Al contrario, la persona responsable del defecto será identificada e informada, porque el proceso se detiene al detectarse el fallo.

7.3.- La reorganización para la introducción del JAT

La implantación de sistemas requiere una reorganización radical, que por su complejidad no trataremos aquí en detalle.

No obstante, el principio básico es sencillo. Mientras que los sistemas convencionales son como las guerras con grandes ejércitos –inmensos, dispendiosos y rígidos, -el JAT es un método de producción <<guerrilleros>>-pequeño, barato y flexible. Las características producción JAT son:

- Numerosas máquina pequeñas,
- Capacidad productiva en reserva;
- Producción por lotes pequeños;
- Flexibilidad de los trabajadores;
- Participación de la dirección en las tareas técnicas
- Responsabilidad de los trabajadores en tareas de mantenimiento;
- Mantenimiento preventivo;
- Aprovisionamiento <<justo a tiempo>>.

Numerosas máquinas pequeñas. Los sistemas de producción convencionales utilizan máquinas grandes y complicadas, ideadas para obtener rápidamente enormes cantidades de productos. El sistema **JAT** usa muchas máquinas pequeñas, baratas y adaptables, que permiten el cambio rápido de utillaje y la fabricación de distintos productos. La disposición de las máquinas y el manejo de los materiales también se debe reorganizar en consonancia.

Capacidad productiva en reserva. La producción en masa, de tipo tradicional, debe ocupar la capacidad total de las máquinas a fin de optimizar el uso de las instalaciones y equipos costosos. Los sistemas **JAT** operan bastante por debajo de la capacidad total, con objeto de mantener la flexibilidad. Esto es posible porque las ventajas de la rapidez de respuesta son sustancialmente mayores que el coste de tener paradas unas cuantas máquinas pequeñas y baratas.

Producción por lotes pequeños. Mientras que la fabricación tradicional se basa en la consecución de economías de escala, el sistema **JAT** busca el aprovechamiento de las ventajas de la flexibilidad, produciendo únicamente en respuesta a una demanda. La producción en lotes en lotes pequeños y el corto tiempo de preparación de las máquinas permite que los fabricantes puedan pasar rápidamente de un proceso de fabricación a otro distinto. También les permite responder a los cambios que ocurran en la demanda, al tiempo que reducen la probabilidad de un exceso de producción y la necesidad de tener existencias en almacén.

La reducción del tamaño de los lotes aumenta la productividad. Existe una relación entre el tamaño de los lotes y el tiempo total de producción. Por ejemplo, un fabricante que redujo a la mitad el tamaño de los lotes comprobó que el tiempo de producción se acortó en un 65 %.

Flexibilidad de los trabajadores. En los procesos convencionales de producción en masa, el personal espera la llegada del trabajo. El sistema **JAT** se basa en el principio opuesto, es el personal el que va a buscar el trabajo. El personal se desplaza por el taller y desempeña una variedad de actividades de acuerdo con las exigencias de cada proceso de fabricación. Si se produce una interrupción, los trabajadores se ayudan mutuamente o pasan a ocuparse de otras tareas. Una vez que se alcanzan los objetivos de producción, el trabajo cesa. El personal se dedica entonces a labores de mantenimiento, si no hay nada que hacer, se marchan a casa.

Participación de la dirección de tareas técnicas. En los países de Occidente, pocos directores generales consideran que entra dentro de su misión participar directamente en el diseño, en la puesta en servicio y en la reparación de las máquinas e instalaciones. El sistema **JAT** impone tal participación en tareas técnicas, porque una faceta importante de la responsabilidad de la dirección es mantener en marcha el sistema y asegurar el cumplimiento de los objetivos diarios.

Responsabilidad de los trabajadores en tareas de mantenimiento. En una empresa en la dirección dictó una orden por la que todas las reparaciones de máquinas, vehículos, etc., habían de efectuarse en el taller central. Esto significaba que si se fundía un faro de un camión, había que trasladar el vehículo a 30 kilómetros de distancia y esperar entre dos y diez días para que lo reparasen. El sistema **JAT** funciona según el principio contrario. Los operarios de taller han de resolver por sí solos tantos problemas de producción como les sea posible, incluidas las averías. El argumento es que el tiempo de espera hasta que llega el mecánico de mantenimiento es tiempo perdido; además, en el 80 % de las paradas por avería, las máquinas se pueden arreglar sin la intervención de un especialista.

Mantenimiento preventivo. La producción sin existencias soporta muy mal las interrupciones. Por consiguiente, el mantenimiento preventivo es un componente de todos los sistemas **JAT**. La reducción de las probabilidades de avería comienza con la

compra de buenas herramientas y máquinas. Las herramientas baratas, son una falsa economía. No sólo son incómodas y un impedimento para trabajar a la perfección, sino que causan daños a los productos durante la vida, afortunadamente corta, que tienen.

Aunque el mantenimiento periódico es una característica de todos los talleres de fabricación, suele ser bastante pasivo. El sistema **JAT** es el mantenimiento dinámico del sistema de producción, que se llama a veces <<mantenimiento preventivo total>>. En algunas fábricas, los operarios son responsables de las tareas periódicas de mantenimiento.

Aprovisionamiento "justo a tiempo". Las ventajas de comprar a un solo proveedor se han explicado ya.

Otros dos ideales del sistema **JAT** son:

- Que los proveedores entreguen lotes pequeños y frecuentes en el lugar donde se van a utilizar;
- Suprimir la inspección de los materiales recibidos.

La eliminación de las existencias requiere que se efectúen entregas frecuentes de pequeñas cantidades de materiales, embaladas perfectamente y que lleguen justo a tiempo para su entrada en el proceso de producción. Dado que el transporte cuesta dinero, lo ideal es que la entrega de los materiales se haga en el punto en que se van a utilizar.

La inspección de los materiales recibidos supone un coste y no añade valor. Uno de los objetivos del sistema JAT es eliminar al necesidad de efectuarlas, para lo cual busca la colaboración del proveedor a fin de asegurar que su sistema de producción es capaz de cumplir los requisitos.

7.4.- El talón de Aquiles del JAT

La producción sin existencias hace a las empresas muy vulnerables a:

- Los fallos en la regularidad de los suministros;
- Las huelgas o presiones laborales

Fallos potenciales en los suministros. En la práctica, muchas empresas- japonesas incluidas- no han conseguido establecer con sus proveedores la relación que según Deming es esencial para la calidad.

Es normal que los proveedores se muestren reticentes a la vista de lo que consideran

una intromisión en su fuero interno, particularmente cuando va acompañada por implacables exigencias en precio. Los proveedores consideran que no tienen por qué correr con el coste adicional que supone hacer una entrega cada 15 minutos en el lugar de utilización de la mercancía. Por otro lado, muchos sistemas **JAT** implantados en Gran Bretaña están lejos de ser perfectos. Los proveedores piensan a menudo que son ellos los que <<pagan el pato>> con estos planes excéntricos. Tales tensiones son augurio de que las probabilidades de fallo de los suministros no son de ningún modo desdeñable.

Vulnerabilidad a las huelgas. El sistema **JAT** se ha establecido a la fuerza en algunas empresas. Las consecuencias de la coacción, y las alternativas, se exponen con detalle en el siguiente punto. Aquí es suficiente con decir que las empresas están sembrando semillas de conflicto en el terreno donde menos pueden soportarlos. La pequeñez de las existencias reguladoras da a los trabajadores la posibilidad de detener la producción con un coste mínimo para ellos.

8.- CREACIÓN DE UNA CULTURA DE LA CALIDAD

Una nación, una región, una ciudad, no puede ser desarrollada; tiene que desarrollarse ella misma. Por desarrollo real hay que entender la evolución, el progreso de sus habitantes. Todos los países de África nos muestran ejemplos de modernas instalaciones puestas al servicio del pueblo... y que están pudriéndose en el desuso.

Tenemos escuelas, obras de regadío, grandes mercados, etc... cosas que hizo alguien con el fin de traernos el desarrollo. Pero, si se quiere que hay un desarrollo real, el pueblo tiene que participar... porque la verdad es que desarrollo significa desarrollo del pueblo. Las carreteras, los edificios, el aumento de la producción agraria y muchas otras cosas de esta naturaleza no son desarrollo; sólo son instrumentos para el desarrollo. Una nueva carretera sólo ampliará la libertad del hombre si éste viaja por ella.

8.1.- <<Pudriéndose en el desuso>>

Crear una nueva cultura empresarial es la oportunidad que tiene el mundo occidental para vencer la competencia de Japón. Pero esta operación se perderá si las empresas optan por tomar atajos.

Si esta frase le parece pesimista, recuerde cómo se ponderaban los círculos de la calidad como el <<método de gestión más estimulante y profundo que se ha establecido en el mundo desde la aparición de la "dirección científica">>. Pero, ¿qué queda ahora de los círculos de la calidad que no esté pudriéndose en el desuso?.

Los círculos de la calidad fracasaron porque fueron <<instrumentos de desarrollo>> que utilizaban las empresas para facilitar la consecución de sus objetivos sin promover el progreso ni de las personas ni de la infraestructura organizativa en que se apoyan. La gestión de la calidad total (GCT) se convertirá en la próxima obra que se pudrirá en el desuso si las empresas se empeñan en implantar las técnicas sin un cambio fundamental en <<la manera de hacer las cosas>>.

No es demasiado tarde

Mucho se ha dicho acerca de los avances japoneses en los terrenos de la calidad y de la eficacia productiva. Aunque estos avances son muy significativos, no es demasiado tarde para que otros países comiencen el desarrollo. La industria de Japón también tiene problemas. A los trabajadores japoneses se los retrata como cooperadores excelentes, laboriosos y movidos por el espíritu de equipo, pero el sistema de gestión es básicamente coercitivo. Las empresas cuentan con que los empleados renuncien a una parte de las vacaciones y trabajen largas horas. El sueldo depende de la actividad que muestre el trabajador. Los círculos de la calidad son una fuente de presión, ya que se expone públicamente el número de sugerencias que ha presentado cada persona. Los trabajadores se consideran objeto de presión constante para no disentir de sus superiores.

Aunque merece la pena estudiar las técnicas de producción japonesas, es dudoso que se saque algún provecho imitando su política de relaciones humanas. La coerción imposibilita la libre participación, que es precisamente lo primero que trata de crear la **GCT**. Los estudios realizados indican que el éxito de los japoneses tiene un precio. El precio es un alto nivel de tensión durante el trabajo y de estrés relacionado con éste. Bajo el estereotipo subyace la verdad de que los trabajadores japoneses sienten menos satisfacción personal y gusto por el trabajo que los de Occidente. Su nivel de compromiso con los fines de la empresa también es comparativamente más bajo. Por lo tanto, no debe sorprendernos que los trabajadores japoneses estén empezando a cuestionar sus condiciones de empleo.

Esto brinda al mundo occidental una ventaja potencial. Los sistemas de calidad japoneses dan por supuesta la estructura de poder y la cultura convencionales, incluida la clara división entre los dirigentes y los dirigidos. Aunque estos supuestos son viables hasta cierto punto, la **GCT** requiere que tarde o temprano se aplique una metodología

radicalmente distinta.

El problema con que se enfrenta ahora Japón es que, después de haber recorrido tan largo trecho en una determinada dirección, quizá no le quede otra alternativa que continuar con sus esquemas actuales, aunque ya estén sometidos a tensiones.

El relativo subdesarrollo de las empresas occidentales es una ventaja, pues tienen mayor margen para cambiar. El aumento de la calidad y la creación de una cultura apropiada pueden ir de la mano. Dado que cada una refuerza a la otra, esa sinergia puede hacer que los perfeccionamientos sean más rápidos y espectaculares que lo que nadie se hubiera atrevido a predecir.

8.2.- La nueva revolución industrial

La **GCT** es un medio, no un fin. El fin es lograr la viabilidad permanente de la empresa gracias a una cultura de la calidad, bien diferente de la cultura del beneficio económico. No queremos decir que los beneficios no tengan importancia. Nada de eso. Pero la diferencia entre las formas convencionales de hacer las cosas y la GCT se halla en que ésta requiere que la empresa mire los beneficios <<de costado>>. Mientras que la gestión tradicional pone el acento en producir la cantidad máxima con el coste mínimo, la **GCT** se consagra a la producción de bienes y servicios de calidad.

Es contraproducente tratar de <<atornillar>> una cultura de la calidad a sistemas y prácticas que se orientan a la obtención del máximo beneficio en el tiempo mínimo, y el hacerlo sólo servirá para perderse entre contradicciones. Se necesita un procedimiento completamente nuevo.

Lo que viene a continuación no es un programa para implantar la nueva cultura en diez días. Es un intento de prescindir de las prácticas y suposiciones anticuadas y de explorar las implicaciones de la que se ha dado en llamar <<revolución de la calidad>>.

El cambio de segundo grado, clave para la transformación cultural

Hay dos tipos de cambio:

< El cambio de primer grado y

< El cambio de segundo grado

El cambio de primer grado es el que se produce dentro del sistema. El cambio de segundo grado es un cambio de sistema. Crear una cultura de calidad requiere un cambio de segundo grado. El impedimento más grande para el progreso raramente es el problema en sí, lo normal es que surja de las suposiciones que se hacen acerca de éste. Prescindir de suposiciones nos libera para pensar en otras posibilidades.

La gestión convencional está remachada al <<problema>> de la dirección del personal.

Si nosotros definimos el <<problema>> de otra manera, diciendo que se trata de saber cómo producir bienes y/o servicios de calidad, podremos entonces dejar de pensar en el <<problema>> de dirigir al personal y pensar en el <<potencial>> de dirección que tiene el personal.

Mientras que la gestión convencional pone el acento en la gestión de los recursos humanos, la creación de una cultura de la calidad se refiere concretamente al desarrollo de personas fértiles en recursos hasta tal punto que su capacitación les permite desempeñar tareas de gestión.

El avance progresivo se va realizando con un cambio gradual en el acento, a lo largo de tres fases.

Estas son:

1. Gestión de recursos humanos.
2. Desarrollo y gestión de humanos con recursos.
3. Gestión por humanos con recursos.

La clave de este avance progresivo es saber poner en movimiento un círculo <<virtuoso>>. Llamamos así al círculo que consiste en desarrollar de tal manera la empresa que simultáneamente se desarrollen las personas pertenecientes a ella, lo que a su vez las habilita para desarrollar aquella.

8.3.- Desarrollo sostenible: el punto de partida

La creación de una cultura de la calidad implica la introducción de innovaciones ambiciosas en la formación profesional, en la participación de los empleados, etc. Se puede pensar que algunas de las ideas descritas en este tema, tales como las de Deming acerca de la formación teórica y práctica, aunque atractivas, conducen al suicidio económico. Desde luego, algunas empresas fabricantes de automóviles ya han abandonado las complejas técnicas de selección de personal que aplican sus homólogas en Japón, por considerarlas demasiado costosas. ¿Significa esto que estamos vencidos antes de empezar?

Seguramente, las empresas se han olvidado de preguntarse qué necesidad tienen de tales innovaciones. Los empresarios japoneses necesitan contratar personas conformistas, de ahí sus técnicas de selección de personal basadas en <<cribados>> rigurosos. El procedimiento <<de segundo grado>> consiste en contratar empleados pensando en el desarrollo simultáneo de la empresa y de ellos, en vez de considerar a la empresa como una entidad inflexible y tratar de que el personal encaje en ella.

Las empresas tienen que ser realistas y han de empezar por algún sitio. El concepto de desarrollo sostenible proporciona una base útil para la planificación del cambio. El

desarrollo sostenible es aquel que colma las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de la empresa para satisfacer las necesidades futuras. Aunque el criterio de <<sostenibilidad>> es el de cambiar dentro de la capacidad actual de la empresa, el desarrollo sostenible es un proceso dinámico, porque el cambio aumenta la capacidad y de esta manera genera recursos que permiten alcanzar un desarrollo más amplio.

Someter a control los procesos existentes

El mejoramiento se inicia sometiendo a control los procesos existentes. En este contexto, control significa coherencia entre los objetivos establecidos por la empresa y lo que se hacen en realidad. Sin coherencia, los empleados no saben qué hacer. Por ejemplo, ¿cómo se puede tener confianza en un hospital que dice que los pacientes son lo primero y en el que, sin embargo, los médicos llaman <<clientes>> a sus pacientes?.

La falta de coherencia conduce a la esquizofrenia. Un ejemplo de esquizofrenia es hacer publicidad del servicio al cliente y reprender después a los empleados acusándoles de derrochar dinero porque reponen con productos nuevos los devueltos por defectuosos.

Los costes de la incoherencia son altos, porque la disyuntivas se resuelven a favor del polo de mayor atracción. Puestos a elegir en el conflicto entre la preocupación publica por la calidad y la preocupación privada por los beneficios a corto plazo, los empleados optarán por la línea de actuación más remuneradora o menos arriesgada para ellos. En consecuencia, todo paso hacia el progreso es realmente progresivo. En lugar de aprovecha la oportunidad de impresionar a un cliente, los empleados hacen lo opuesto. El resultado de la incoherencia es que se da <<un paso hacia delante y tres hacia atrás>>.

Establecer la coherencia

No es preciso contar con enormes recursos para dotar a la empresa de la necesidad de coherencia, pero ésta no llegará por casualidad. La coherencia, lo mismo que el control de los procesos, se tiene que cuidar y vigilar continuamente. Crear coherencia cultural es básicamente un acto que busca el equilibrio entre lo que le gustaría ser a la empresa y lo que es en realidad. Las buenas intenciones son contraproducentes si sólo sirven para despertar falsas esperanzas. Un ejemplo:

Trate a los empleados como a personas adultas. Tráteles como socios; tráteles con dignidad; tráteles con respeto. (...). Si usted desea productividad y la recompensa económica que la acompaña, debe tratar a los trabajadores como al bien más importante de su empresa.

Este es un ejemplo de cambio dentro del sistema que, en realidad, resulta perjudicial porque no profundiza, se queda a flor de piel. La idea de tratar a los trabajadores como socios puede ser laudable; pero ¿socios en qué? Un socio ha de tener una participación igualitaria en el poder de dirigir la empresa y en la distribución de beneficios. ¿Es esto verdaderamente factible? Por otra parte, si un trabajador es un socio, ¿cómo puede ser a la vez un bien de la empresa? El socio es un igual; en cambio, un bien es algo poseído, algo que su propietario puede usar y desechar libremente. La mejor manera que tiene una empresa de ganar credibilidad es ser realista respecto a sus trabajadores.

El agente más eficaz para establecer la coherencia es la voluntad de la dirección. El lema de la eficacia es <<hechos, no palabras>>.

Puede que sea necesario prohibir el lenguaje inapropiado, pero sólo dando ejemplo se convencerá a los empleados de la seriedad de la dirección. Del mismo modo, los sentimientos expresados por ésta acerca del valor de los recursos humanos no son más que palabras vacías. La supresión de categorías en los servicios e instalaciones comunes, la comodidad en los comedores y la calidad de las comidas es lo que demuestra la voluntad de la dirección. Si la acción no se puede llevar a la práctica, se adoptará un tono más realista o se renunciará totalmente a la retórica. Los empleados no dejarán de notarlo. Porque, a fin de cuentas, ¿a quién trata de convencer, a ellos o a usted mismo?

Las contradicciones son inevitables en una organización en fase de desarrollo. Pero sólo serán perjudiciales si se dejan sin resolver. Diremos una vez más que la voluntad de la dirección es la clave para la creación de una atmósfera propicia para airear los desacuerdos y que tan importante como esto es la existencia de mecanismos que permitan hacerlo.

Seguramente será útil establecer un conjunto de principios como marco para la resolución de las contradicciones. El valor de tales principios está en que, por un lado, constituyen un punto claro de referencia en un entorno cambiante y, por otro lado, a diferencia de las normas y reglamentos, son lo suficientemente flexibles para prevenir la aparición de anomalías.

Margen para la mejora

Aunque la **GCT** implica una estructuración y planificación cuidadosas, toda mejora esa

progresiva, siempre que se pueda sostener. Después de alcanzar un grado razonable de coherencia, las empresas deben hacer primero << lo obvio >>, o sea, aquellos cambios que añaden el máximo valor con el mínimo coste. Por ejemplo, un restaurante puede introducir una mejora significativa cambiando de proveedor de carnes, cosa que no le costará nada. Un hotel atraerá a nuevos clientes si coloca aparatos de fax en las suites para ejecutivos, lo cual supone un coste adicional proporcionalmente pequeño.

El peligro se halla en la tentación de continuar buscando el éxito rápido, lo cual termina por degenerar y convertirse en una trampa donde cae la calidad. La <<dirección por paseos>>, por ejemplo, no llevará mucho más lejos a la empresa. Para que el cambio sea profundo y duradero se requiere una atención rigurosa al sistema de producción y que trabaje con el personal para mejorarlo.

Echar los cimientos

Una forma excelente de emprender un desarrollo más sistemático es centrarse en mejorar la capacidad de la empresa mediante:

- El examen de los procedimientos y sistemas existentes y
- El perfeccionamiento de unos y otros.

El cambio puede ser fácil. Las mejoras localizadas –reducir las demoras en la distribución del correo, mejorar el almacenamiento de la información y el acceso a ella, proporcionar servicios extra a los clientes, etc.- se pueden efectuar sin dificultades y todas añaden valor.

La ventaja más significativa que tiene el comenzar de esta forma es el efecto positivo que causa en la moral del personal. Este método de <<manos a la obra>> constituye un cambio de segundo grado, porque las mejoras son una responsabilidad compartida y no, como ocurre corrientemente, algo impuesto por la dirección. El compromiso y la cohesión del personal surgen entonces, porque el desarrollo del proceso:

1. Hace participar a los empleados en la gestión.
2. Obliga a los directivos a reconocer las dificultades del trabajo de sus subordinados.
3. Demuestra con hechos, más que con palabras, el compromiso de la dirección con la calidad.
4. Da por resultado unos verdaderos cambios.

A diferencia del auge y declive de las campañas de la calidad, tan sutil cambio es fructífero y duradero. Las mejoras quizá no sean grandes. Lo más importante es la confianza mutua que despierta el nuevo estilo de trabajo. El empleado recién salido de la universidad que ve que toman en serio sus sugerencias para la reducción del papeleo nunca volverá a ser la misma persona. El directivo que advierte por primera vez las dificultades con las que se enfrentan sus subordinados, alcanza un nuevo irrevocable nivel de comprensión. El éxito engendra éxito,. Crear confianza, crédito y visión interna, es generar recursos para un desarrollo adicional.

8.4.- El desarrollo del potencial

La etapa siguiente es explorar el potencial. Una vez que los empleados se dan cuenta de que el cambio es posible y que ellos, y no la dirección, son los agentes primarios del desarrollo, nace el impulso vital que lleva a ulteriores mejoras.

Un nuevo método para establecer normas

El cambio de segundo grado no tiene frecuentemente nada de intuitivo. Las normas son esenciales para la calidad. Por consiguiente, el procedimiento intuitivo de gestión de la producción y los servicios consiste en compilar especificaciones detalladas e imponer férreamente su cumplimiento son:

- Es propenso al fracaso;
- Es difícil una supervisión eficaz;
- El papel de la dirección se reduce al de policía.

Cuanto más detalladas sean las especificaciones, tanto más fácil será que un empleado cometa un error, porque su concentración mental está diluida, no enfocada sobre los puntos fundamentales. Las actividades propias del desarrollo se descuidan, dado que la atención de la dirección se halla totalmente absorbida por la inspección. Sin embargo, la inspección eficaz es imposible porque también la atención de la dirección se disipa entre una multitud de asuntos.

Es mejor adoptar el credo del diseñador y, en vez de imponer tolerancias muy ajustadas y muy difíciles de hacer cumplir, fijar unas tolerancias flexibles y hacerlas cumplir estrictamente. Los empleados necesitan orientación y la seguridad de saber que el trabajo descuidado será rechazado. Igualmente, necesitan un margen para desarrollar su propio estilo de trabajo y para pensar en lo que están haciendo y en cómo podrían mejorarlo. Desde luego, hay algunas ocupaciones (por ejemplo, ensayos de laboratorio) en las que es ineludible insistir en el cumplimiento de unas tolerancias específicas. Pero esto no es así en la mayoría de las ocupaciones. Por ejemplo, los artesanos no tienen dificultad en trabajar con parámetros tales como <<pulcro y esmerado>>, <<bien acabado>> y <<con hechura perfecta>>.

Las tolerancias muy ajustadas ponen un techo a los logros y, por lo tanto, son una barrera para el perfeccionamiento. Las tolerancias holgadas permiten que los empleados superen las expectativas. Una parte de la finalidad del método es estimulara a los empleados para que presenten sugerencias: <<¿por qué no podemos hacer aquello?>>. El problema que se le plantea a la dirección es el encauzar sistemáticamente los esfuerzos sin desmotivar a los empleados ni crear una burocracia pesada para la tramitación de las sugerencias. Se trata de un problema importante, porque supone abandonar la idea del directivo controlador y adoptar la del directivo facilitador.

Romper con la tradición

La mejora de los sistemas y la creación de marcos flexibles sólo son el punto de partida. La etapa siguiente es dejar a un lado las ideas establecidas acerca de la motivación humana y ver qué posibilidades se abren. La dirección de tipo convencional se basa en una visión negativa de la motivación, que proviene de los primeros días de la revolución industrial, cuando los trabajadores procedentes del campo se mostraban reacios a someterse a las normas de las fábricas.

Este legado histórico continúa modelando las teorías y las investigaciones sobre la dirección de empresas. Estudiamos la motivación porque suponemos que es problemática. Esta suposición nos impide ver que la mayoría de las personas se sienten motivadas si el trabajo al que se dedican encaja razonablemente con sus aptitudes y con sus aspiraciones. Lo que les quita la motivación son las experiencias negativas. Por ejemplo, ¿qué le ocurriría a la motivación de un joven recién ingresado en el cuerpo de policía cuando le dicen que lo más importante es conseguir buenas estadísticas y que se olvide de eso que juró de <<proteger al pueblo>>? ¿Qué le ocurriría a la motivación del aprendiz, de un taller de reparación de automóviles a quien le dicen que <<servicio>> significa hacer lo mínimo imprescindible y, a veces, ni eso?

Para la concepción de la **GCT**, la motivación es como una planta: crecerá si se la cuida y abona. El papel de la dirección consiste en orientarla adecuadamente y protegerla de privaciones que la destruirían

Los empleados establecen normas

Una visión positiva de la motivación es el fundamento para un nuevo método de mejora de la calidad. Se atribuye a la dirección la función de establecer normas porque, con la visión negativa que hemos comentado, se piensa que los empleados están interesados en restringir la cantidad y la calidad de lo que producen. Esta suposición nos impide ver que las normas establecidas por los empleados pueden ser más altas que las fijadas por la dirección.

Imagínese una consulta médica en que la dirección ha dictado estas normas:

Instrucciones para las recepcionistas
1. Saludar a los pacientes con un <<buenos días>> o <<buenas tardes>> seguido de su nombre.
2. Comprobar la dirección del paciente.
3. Avisar al paciente si el doctor está recibiendo con más de 20 minutos de retraso.
4. Rogar al paciente que tome asiento.
5. Antes de que marche el paciente, comprobar si es necesario concertar con él una nueva cita.
6. Decir <<adiós>> al paciente.

Es fácil que el personal considere que estas instrucciones son insultantes. No sólo reciben a los pacientes con un saludo cortés, sino que siempre procuran encontrar un poco de tiempo para charlar amigablemente con ellos; en particular, cuando se trata de personas de edad que vienen solas. En cuanto a la cuestión del retraso, el personal podrá decir seguramente que será menor si los doctores no interrumpieran las consultas para telefonear a hospitales preguntando por el resultado de análisis u otras exploraciones, tareas que podrían realizar por anticipado las recepcionistas si los doctores quisieran cooperar un poco. Con relación a la nota final, el personal dirá que ya tienen los conocimientos y la fiabilidad suficientes para comprobar los detalles de las recetas y para dar a los pacientes consejos de carácter general sin comprometer el juicio clínico del doctor. Y hemos de añadir también que, con formación y estímulo apropiado, el personal podría hacer mucho más todavía.

La determinación de los objetivos

La dirección por objetivos es otro aspecto del establecimiento de normas que suele resultar contraproducente. Aunque la finalidad de los objetivos es inducir a los empleados a actuar, el efecto puede ser el contrario, es decir, que los objetivos limiten logros.

A pesar de que los empleados pueden sentirse a gusto trabajando por alcanzar objetivos realistas y llegar a superarlos, muy bien podrían establecer para ellos unos objetivos más ambiciosos que los que cualquier directivo se atrevía a imponer. Aunque en teoría los objetivos son negociables, no es extraño ver que, en la práctica, son irreales e improcedentes y causan un efecto adverso en la calidad. Imperativos tales como <<las existencias se han de eliminar totalmente en un plazo de seis meses>> producen el resultado esperado, es decir, el almacén queda vacío. Sin embargo, lo único que ha ocurrido es que se ha pagado a un almacenista para que guarde en depósito las existencias y se oculte ese gasto en la contabilidad.

Los directivos como habilitadores

Mientras que en la gestión de tipo tradicional la dirección impone las normas, la función de los directivos en una cultura de la calidad es la de crear un foro en que los empleados aborden las prioridades y preparen las mejoras.

La calidad es producto del sistema. En vez de centrarse en resultados ostensibles, tales como un 5% de los incremento en las ventas, los directivos tendrán que poner sus miras en los procesos que conducen a los resultados. No estará suficientemente bien de ahora en adelante y tal vez nunca lo estuvo que los directivos se limiten a elegir. En una cultura de la calidad, un aparte importante de la misión del directivo será la de trabajar codo a codo con los empleados, identificando continuamente nuevas orientaciones y los medios de lograr el cambio.

La separación entre concepción y ejecución es una fatuidad antieconómica por el despilfarro que ocasiona. Los empleados tienen un papel que desempeñan en la planificación y el mejoramiento. La razón de que la participación del personal tenga una historia tan magra es que, normalmente, se enfoca como medida de primer grado, como concesión de los directivos, como tiempo improductivo. Las empresas se ven impedidas para avanzar más allá del cambio de primer grado por causas de las ideas establecidas acerca del papel de los directivos con relación al del los empleados, es decir, los directivos mandan y los empleados obedecen.

La participación, en una cultura de la calidad, sigue un modelo más refinado, en virtud del cual se abandone la división tradicional entre dirigentes y dirigidos y se reconozca que todos los empleados han de asumir alguna responsabilidad de dirección. En las descripciones de los puestos de trabajo, cualquiera que sea el nivel de éstos, tendrá que contemplarse un deber concreto: asistir a las reuniones convocadas para el análisis

de la producción y de la calidad. A los empleados se les exigirá, como parte de sus tareas, que aporten datos e ideas y que comenten con espíritu crítico las cuestiones que se debaten; estas responsabilidades, naturalmente, se reflejarán en su remuneración. El papel de la dirección será entonces el de estimula la generación de ideas y dar forma al proceso.

Habilitar a los directivos

Las nuevas formas de trabajar sólo podrán hacerse realidad si se dispone de recursos adecuados. Esto exige, a su vez, que las empresas abandonen la cultura de la minimización de los costes a corto plazo. Porque tal minimización obliga a los directivos al politiqueo y a jugar a <<las cuatro esquinas>>, que es precisamente lo que la **GCT** trata de extirpar. Es posible que los recursos sean escasos, pero nuestras ideas infundadas acerca de lo que constituye una gestión acertada los hace todavía más escasos. ¿Qué resultado van a obtener las empresas cuando sus directivos están perpetuamente preocupados con el problema de cómo procurare un millón y lograr después que haga el trabajo de dos? ¿Qué beneficio aportará a la calidad que el sistema asigne los recursos a quienes los necesitan?

Un cambio de segundo grado implica el abandono de la idea de que lo mínimo es lo mejor, y sustituirla por la pregunta ¿qué se necesita?. Se podría añadir que esto es precisamente lo que constituye una gestión perfecta. El problema está en que, en la práctica, la cultura del beneficio económico induce a tomar atajos, y el personal los toma por algo que parece que se hace en interés de la eficacia. Por ejemplo, un directivo solicita 50 máquinas. El pedido se recorta automáticamente a 45. ¿Por qué?. En una cultura de la calidad, lo que importa no es cómo hacerlo, sino hacerlo.

Esto reclamará la adquisición de nuevos conocimientos profesionales. Hasta ahora, los directivos han estado tan preocupados con la lucha por los recursos que conseguirlos se ha convertido en un fin en sí. Los directivos necesitarán adquirir pericia en la identificación de los recursos que se precisan para las diversas iniciativas y en su aplicación. Lo que decimos no es, ni con mucho, tan sencillo como parece. Un aspecto principal del trabajo directivo en una cultura de la calidad concernirá a los equipos multidisciplinares. Acumular y soldar tal pericia en una organización compleja no será un flaco logro.

8.5.- El desarrollo del personal.

Descartar las viejas ideas acerca de la eficiencia

Uno de los mayores obstáculos que se oponen al mejoramiento de la calidad es la <<desespecialización>>. La lógica de esta acción es que cuanto menos especialización requiera una tarea, tanto más barata resultará. Por consiguiente, cuantas más tareas

se puedan asignar a personal no especializado, tanto más barata será la operación. La <<desespecialización>> se refleja en el trabajo repetitivo y en las misiones estrechamente definidas de muchos operarios de cadenas de producción. Esta supresión de especialistas es evidente también en las empresas de servicios. Por ejemplo, la tecnología del sector alimentario que consiste en cocinar los alimentos, refrigerarlos y regenerarlos más adelante en el sitio donde se han de servir, tiene como finalidad última minimizar el número de cocineros expertos que se requieren.

La <<desespecialización>> es inapropiada en una cultura de la calidad, porque origina despilfarro:

- La formación es insuficiente,
- Las tareas se consideran equivocadamente como aptas para encomendarlas a personal no especializado,
- Produce un alejamiento tanto de los clientes como de los empleados.

En una cultura del beneficio económico, la formación sólo está justificada si resulta estrictamente necesaria para que un empleado efectúe su trabajo. En la práctica, esa formación se limita a unas instrucciones. Por ejemplo, <<enseñar>> a una persona contestar por teléfono de una manera preestablecida no es en absoluto formarla. Ese empleado no está aprendiendo nada, excepto lo que la dirección quiere que diga. Esto explica por qué tantos empleados de empresas de servicios carecen de hasta los conocimientos más elementales sobre el producto.

La <<desespecialización>> oscurece el hecho de que muchas tareas que se han dado en llamar rutinarias requieren una capacitación considerable. En cierta ocasión, un cliente devolvió un disco de un concierto de violín, quejándose en la tienda de que estaba mal prensado. EL dependiente del establecimiento puso el disco y lo escuchó. <<Tiene usted razón –le dijo al cliente -.<<Este violinista no toca así.>> ¿Cuántos dependientes tienen una preparación de ese nivel?. En las oficinas de las agencias inmobiliarias, las recepcionistas hacer lo que se consideran tareas rutinarias. Tales como la distribución de folletos de propaganda, concertar hora de visita a viviendas en venta, etc. Son pocas las agencias que se dan cuenta de que las recepcionistas son esenciales para la buena marcha de las negociaciones, que su situación es ideal para observar <<señales de compra>> en los clientes y que, frecuentemente, se enfrentan a situaciones delicadas. Dejando aparte los riesgos de que un trato se pueda ir a pique, en el ánimo del cliente causa una impresión muy mala que la recepcionista tenga que remitirle a una persona autorizada. ¿Por qué no aprovechar la capacidad de la recepcionista e instruirla en el arte y la técnica de la negociación?

Parte de la razón de ser de la <<desespecialización>> es la posibilidad de automatizar tareas que, de otro modo, exigirían capacidad de discernimiento.

Mientras que los solicitantes de un préstamo, por ejemplo, se entrevistaban hasta ayer

con el apoderado del banco, hoy en día hablan en el <<cuarto de máquinas>> con un empleado que cumplimenta una lista de comprobación a base de formular preguntas como un loro. Esta supresión de la especialización ofende al cliente y al empleado. Al empleado, porque, le reduce a la condición de autómata que aprueba las solicitudes que cumplen los requisitos y transfieren a un superior las que no los cumplen. Al cliente, porque se da cuenta que la persona con quien está tratando no tiene facultades discrecionales; sabe que, si surge un problema, le pasarán al despacho de un ayudante de dirección que puede decirle que no pero carece de autoridad para decirle que sí. Incluso es posible que no le permitan hablar con el director.

Otra parte de la razón de ser de la <<desespecialización>> es la eficiencia. Sin embargo, las empresas ya empiezan a darse cuenta de que la falta de cualificaciones frecuentemente causa de despilfarro. Cuando una máquina se para por avería, los operarios avisan al mecánico porque <<es problema de él>>.cuando un cliente entra en una oficina para hacer una consulta, tiene que -, esperar a que le reciba el director: << yo podría atenderle dice el empleado pero no estoy autorizado para hacerlo>>

En algunas empresas industriales, la dirección ha delegado en los trabajadores la responsabilidad del mantenimiento y de las reparaciones de menor cuantía, pero sólo han conseguido empeorarlas cosas:

A los trabajadores no sólo se les anima sino que se les insta a que intervengan en la producción, identifiquen los problemas del proceso, los rectifiquen y propongan cambios en la organización de la producción para evitar que se repitan. Lejos de (...) mejorar la calidad de la vida laboral: esta ampliación de la responsabilidad origina más estrés y vuelve <<más precaria>> la experiencia del trabajo.

Este es un ejemplo de cambio de primer grado con el que la dirección ha tomado el atajo de ampliar las funciones de los empleados sin darles la formación adecuada, sin aumentarles el sueldo y sin revisar la calificación global de su empleo. Con ello ha puesto en tensión el sistema, pero lo más grave es que ha perdido la credibilidad necesaria para llevar a cabo un cambio de segundo grado.

Un enfoque de segundo grado de la formación

La dirección convencional minimiza el potencial, mientras que el cambio de segundo grado trata de maximizarlo. En una <<cultura del beneficio>>, cuando hablamos de maximizar el empleo de los recursos pensamos realmente en aumentar la carga de trabajo del personal. Por ejemplo, maximizamos la utilización de un empleado de recepción encargándole además del aparcamiento de coches, etc.

En un a<<cultura de la calidad>>, la mentalidad favorable al cambio de segundo grado busca el desarrollo a través del incremento de la formación y de la responsabilidad. Un buen punto de partida útil es preguntarse,¿ Cómo podría servir al cliente este empleado? Por ejemplo, un bedel encargado del patio de recreo de una escala está en

una situación excelente para observar la conducta de los niños y ayudar a su educación. Pero para ello habrá de recibir una formación adecuada e integrarse en la estructura educativa de la escuela.

El desarrollo sostenible

En el campo de la formación, el desarrollo sostenible ha de empezar por la base. Por ejemplo, una telefonista ha de aprender a emitir la voz y otras técnicas para inspirar confianza al interlocutor. Los dependientes de una tienda de plumas deben conocer las características y posibilidades de los distintos instrumentos de escritura y aprender a tratar con los clientes. La instrucción básica del personal mejora el producto o servicio, les da seguridad en sí mismos y es el cimiento de la formación ulterior.

Una de las cosas que entran en la instrucción básica es enseñar a participar. Las empresas deben reconocer que decenios de condicionamiento y represión no se pueden cambiar con proclamas tales como <<desde ahora todo va a ser diferente>>. Convocar al personal para que asista a una reunión de trabajo sobre un problema concreto y pedirles que digan lo que piensan no sirve más que para provocar silencios embarazosos y miradas vagas, y para que ambas partes saquen la conclusión de que esas reuniones no son más que una pérdida de tiempo. Así como los empleados necesitan que se les enseñe a manejar las máquinas, así también necesitan recibir una formación que les permita desarrollar su capacidad para resolver problemas y para expresarse con propiedad y confianza, de modo que puedan ser colaboradores eficientes. Innovaciones tales como mostrar a los empleados los nuevos diseños de fabricación, han proporcionado resultados estimulantes. La función de la formación y del desarrollo estructural es pasar de las acciones sueltas a una técnica sistemática y poderosa de dirección.

Más allá de la base

La finalidad de la formación debe ser la de habilitar a los empleados para que se realicen plenamente en el marco de una estrategia de mejora continua. Esto significa equiparlos para que puedan ir más allá de las prescripciones de su papel inicial. Por ejemplo, en el Reino Unido, algunos bufetes de abogados forman a sus pasantes para que interroguen a testigos y asistan a los clientes del bufete en las comisarías de policía. La inversión es muy rentable. Refuerza la satisfacción en el trabajo y permite que el persona vea la importancia que tienen los aspectos más rutinarios de las tareas que realizan. También da flexibilidad, y así los bufetes pueden hacerse cargo de casos quede otro modo se les hubieran escapado. Además, produce ingresos y, por tanto, recursos para un futuro desarrollo.

Las empresas han de tomar en consideración el potencial que encierran los empleados dedicados a tareas rutinarias y preguntarse ¿por qué no? ¿Por qué no instruir al recepcionista del taller en la venta o en la reparación de coches? ¿Por qué no formar a los conserjes de los museos para que expliquen a los visitantes las obras de arte que

se conservan en ellos?

¿Por qué no dar al empleado de personal la formación suficiente para que colabore en las entrevistas de selección? El lector puede responder:<<Ya lo hacemos>>. ¡Estupendo! Entonces, ¿por qué no enfocarlo sistemáticamente en el marco de una estrategia de mejora continua?

Dirigir la <<empresa aprendiz>>

Una vez más, el desafío que se le plantea a la dirección no debe ser subestimado. A pesar de lo mucho que se ha escrito acerca de la gestión en entornos turbulentos, con respecto al personal se sigue en la idea de que los directivos son controladores cuya misión es imponer el orden y la estabilidad. Una cultura de la calidad exige que los directivos capaces de mantener un equilibrio dinámico en que todo el mundo entienda y domine lo que está haciendo y, no obstante, sus funciones estén en evolución constante.

8.6.- ¿Seguirán necesitando directores las empresas?

La dirección, tal como la conocemos, dejará de existir con el tiempo. Hay dos razones que avalan esta predicción. En primer lugar, las funciones de dirección tales como el control, la programación y la inspección son actividades que no añaden valor. Por consiguiente, las empresas deben buscar la manera de eliminarlas lo mismo que están tratando actualmente de eliminar el transporte, el posicionamiento, los movimientos y otras formas de despilfarro. Después de todo, lo que preocupa al cliente es el precio y la calidad de sus programas de ordenador, de sus acciones, de su automóvil, etc, no el hecho de que dieciséis titulados en administración de empresas hayan trabajado en ellos catorce horas al día y siete días a la semana.

En segundo lugar, la elevación del nivel de aptitudes del personal permitirá que aquellas funciones de dirección que no puedan eliminarse recaigan en los empleados. El control y la supervisión son actividades que no añadan valor. En consecuencia, los empleados se controlarán y supervisarán a si mismos cada vez más. Las estructuras jerárquicas terminarán por resultar superfluas y serán sustituidas por una serie de <<esferas de influencia>> superpuestas.

El director, en cuanto negociador, facilitador, procurador de recursos y cabeza visible de la empresa, será necesario; pero el ejercicio de la dirección ya no será prerrogativa de una elite. Los directivos serán elegidos democráticamente, como ya ocurre en algunas facultades universitarias. Al contar las empresas con un personal dotado de mejor instrucción académica, mejor formación profesional y mayor confianza, ¿quién es el que está más preparado par dirigir?

La calidad de la vida laboral

Este tema ha empezado hablando de la calidad como medio de lograr la supervivencia y prosperidad de las empresas y ha terminado hablando de ella como precursora de una nueva era industrial.

Aunque sería engañoso pintar un cuadro de utopía, la mejora continua tendría lógicamente implicaciones positivas para la calidad de la vida laboral.

El mejoramiento de la calidad de la vida laboral vendrá del cambio de segundo grado consistente en abandonar el concepto del personal como mercancía y reconocer que el personal es la empresa. La prueba de que hay una relación directa entre la calidad de la vida laboral ya se puede ver en empresas que destacan por su inteligente política de gestión de los recursos humanos, tal como Hewlett-Packard

El desarrollo de una cultura de la calidad ampliará esa política hasta un punto en que la concepción convencional de la gestión parecerá una muestra de folclore. Una vez más, el vehículo para el cambio es el concepto de desarrollo sostenible que se impulsa a si mismo. Hay pruebas de que la <<recualificación>>, incluso a pequeña escala, si está apoyada por una formación profesional adecuada, incrementa la satisfacción en el trabajo y reduce el estrés. Tal cambio cumple dos finalidades. En primer lugar, permite a la empresa ganar eficacia sin perder estabilidad. En segundo lugar, crea confianza y refuerza la sensación de que el trabajo tiene sentido. Cada uno de estos dos factores por separado proporciona una base sólida par el desarrollo. Juntos, su fuerza es potencialmente formidable.

Con el tiempo, es probable que los efectos más perjudiciales del estrés laboral se erradiquen para siempre, en cuanto las empresas caigan en cuenta de que es necesario calcular el coste total de las decisiones concernientes a los métodos e instalaciones de trabajo. Por ejemplo, las plantas de oficinas sin tabiques se diseñan con la intención de minimizar los gastos por alquiler. Sin embargo, ¿cuál es el coste real cuando se tienen en cuenta las consecuencias del ruido, de las molestias y de la falta de intimidada? Los cambios de primer grado, como colocar mamparas separadoras o advertir a los empleados que procuren hacer poco ruido, no es la respuesta que haría falta. Esta respuesta la dará un cambio de segundo grado que tome como punto de partida la pregunta de qué condiciones propician un trabajo de alta calidad.

En el futuro, las experiencias negativas del trabajo, tales como el estrés o la falta de motivación, se considerarán tan graves como un brote de cólera. (Si le parece una exageración, recuerde que hace ciento cincuenta años las epidemias eran corrientes.) Ocurrirán dos cosas. En primer lugar, las empresas tomarán conciencia de las consecuencias de una debilitación psicológica. En segundo lugar, descubrirán que, como el cólera, tales epidemias se pueden dominar.

Para dominarlas se requiere un cambio de segundo grado. Las palabras de ánimo y la

evaluación del rendimiento son como la vacunación: medidas de primer grado. Lo que se necesita es desarrollar una infraestructura capaz de mantener la salud psicológica, lo mismo que un buen saneamiento y la potabilización del agua son esenciales para erradicar el cólera. También aquí el progreso será probablemente exponencial. Por ejemplo, la prevención de la desmotivación, lejos de conducir a un estado estático, liberará nuevas energías en cuanto las personas adviertan que disponen de libertad para realizar sus posibilidades.

La calidad de vida

Las páginas precedentes sólo han arañado un poco la superficie de las posibilidades implícitas en la nueva revolución industrial. La liberalización de las trabas impuestas por la revolución industrial pasada permitirá que las empresas se desarrollen como comunidades al servicio de la sociedad. No les quedará más remedio. Porque a medida que la sociedad vaya recogiendo los frutos cada vez más abundantes del llamado <<movimiento de la calidad>>, aumentará la fuerza con que reclame lo que es de justicia: que le den productos robustos y sin defectos a cambio del valioso dinero que paga. Por lo que respecta al proveedor de bienes o servicios que resulten defectuosos, ya se encargará la justicia de ir a buscarle inmediatamente.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 4
Supervisión y control
de instalaciones y personal

Tema 2

Técnica de dirección y dinámica de grupos

Tema 2

TÉCNICAS DE DIRECCIÓN Y DINÁMICAS DE GRUPOS

ÍNDICE

1.- Dinámica de grupos 1
1.1.- Conceptos generales 1
1.2.- Hacia una definición de grupo 4
1.3.- Características especiales de un grupo 11
1.4.- Tipos de grupos 19
1.5.- Fases en el desarrollo del grupo 22
2.- El Rol de coordinador de grupo 27
2.1.- La coordinación de grupo. El liderazgo 27
2.2.- El desempeño del rol del coordinador 31
2.3.- La actitud no directiva 37
2.4.- Modelos de coordinación 39
2.5.- Las dificultades en la coordinación del grupo 42
3.- Técnicas grupales 45
3.1.- Algunas ideas básicas 45
3.2.- Elementos que intervienen en el grupo de trabajo 47
3.3.- Efectos y posibilidades de las técnicas grupales 50
3.4.- La dirección de reacciones como técnica grupal 53
4.- Criterios de clasificación y uso 58
4.1.- La clasificación de las técnicas de grupo 58
4.2.- Uso correcto de las técnicas de grupo 63
4.3.- La selección y sus condiciones 65
4.4.- La primera sección de trabajo de un grupo 67

Tema 2

TÉCNICAS DE DIRECCIÓN Y DINÁMICAS DE GRUPOS

1.- DINÁMICA DE GRUPOS

1.1.- Conceptos generales

Uno de los aspectos más importantes de la Psicología Social es el estudio de la vida y funcionamiento de los grupos puestos que, como es fácil comprobar, la gran mayoría de las realidades humanas son procesos de interacción social. Pero, además, en el grupo es donde mejor se puede observar la múltiple riqueza y el auténtico dinamismo de la conducta humana con su clima propio y sus contextos reales.

Desde la óptica de la psicología de los grupos, hay varios conjuntos humanos que, en distintos campos de la vida social, forman grupos de una manera bastante constante y definida. De entre ellos algunos de los más habituales mencionados pueden ser la familia (las personas que, unidas por vínculos de afecto y parentesco, tienen el objetivo de una vida en común) o el denominado "grupo - clase" (los alumnos que pasan el año académico juntos en el mismo aula).

Hay también otros conjuntos humanos que son grupos como los formados por los vecinos de un mismo barrio, los enfermos de la misma sección de un hospital, los trabajadores de una empresa, o cualquier otro colectivo de personas, más o menos heterogéneas pero que estén unidas por algún interés común como, por ejemplo, las Escuelas de Padres, las Comunidades de Vecinos, los Clubs deportivos, etc.

La existencia de todos estos grupos justifica sobradamente la aplicación de los avances y desarrollos que la Dinámica de Grupos puede ofrecerles para una mejor eficacia en el logro de sus objetivos y una mayor satisfacción interna colectiva e individual. Pero no es esto solamente, sino que estas aplicaciones al campo de la intervención psicosocial han enriquecido, a través de las investigaciones consiguientes, el acervo teórico de esta parcela científica.

En el estudio de la Dinámica de Grupos es importante tener en cuenta unas ideas básicas previas sobre lo que esta denominación significa ya que se trata de un concepto no tan bien conocido como excesivamente manejado. El término Dinámicas de Grupos fue utilizado por primera vez en 1944 cuando se creó el primer centro de investigaciones sobre estos temas en la Universidad de Michigan.

En primer lugar, dentro de la composición científica de la Psicología Social, la Dinámica de Grupos se refiere a todo un conjunto de conocimientos teóricos que, fruto de numerosas investigaciones, ha llegado a definir, delimitar y dar carta de naturaleza científica a los fenómenos grupales definiendo con claridad los grupos, sus clases, sus procesos y todas las demás circunstancias y matices que los caracterizan.

Desde el punto de la dimensión científica de la Dinámica de Grupos, en 1978 se define afirmando que: "constituye un sector de las ciencias de la conducta humana que trata de desvelar la naturaleza y leyes que rigen los procesos grupales, especialmente los relativos a grupos muy pequeños no solo a nivel descriptivo sino inferencial, o sea, explicativo, mediante relaciones de casualidad fenoménica".

Esta definición contiene como presupuesto la creencia de que el comportamiento humano y grupal está sujeto a leyes naturales constantes y por ello cuantificables (sin negar con ello la cierta libertad e indeterminismo de que goza el hombre racional), creencia que justifica plenamente la investigación experimental de laboratorio para el descubrimiento de constancias, tendencias, propensiones o leyes de conducta psicosocial.

"De modo que vendría a ser algo así como un tratado compuesto por datos científicos extraídos no solo de situaciones reales (o de experimentación sobre campos grupales existentes en la realidad), sino, sobre todo, de tratamiento experimental en laboratorio de alguna variable de psicólogo social logra aislar y controlar artificialmente".

En segundo lugar - quizá el caso más conocido - la Dinámica de Grupos se entiende como todo un amplio conjunto de aplicaciones prácticas a la organización, manejo y conducción de grupos. Este campo es el que también se conoce con las denominaciones de "Técnicas de Grupo" o "Técnicas de Dinámica de Grupos", que resultan bastante más acertadas y que, sobre todo, no se prestan a confusión o error. En este tema usamos, efectivamente, con este sentido la denominación de **Técnicas de Grupo.**

Semánticamente el término Dinámica de Grupos pone el acento sobre el estudio de las fuerzas y movimientos interactivos que actúan sobre los grupos y sus miembros en el transcurso de su actividad vital o, dicho con la terminología apropiada, durante su locomoción hacia sus objetivos. Por eso, todavía con un tercer significado se puede hablar de la "dinámica interna del grupo" para aludir al conjunto de todas aquellas fuerzas que parecen desarrollarse como resultado de la interacción de los miembros junto a las emociones del grupo en su totalidad así como su actividad y tensión hacia el objetivo.

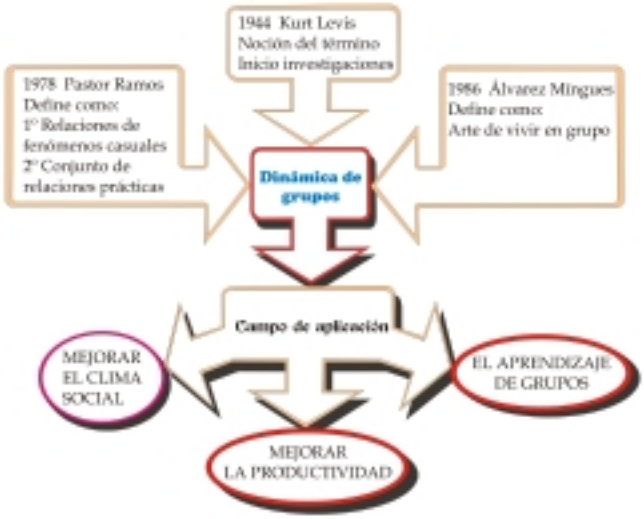
Esta energía dinámica depende, pues, de todos y cada uno de los miembros así como del grupo mismo como una unidad vital. En consecuencia, todo individuo que se incorpora o abandona al grupo ejerce sobre él una influencia proporcional a la fuerza de su personalidad y de la posición que ocupa.

De todas formas puede afirmarse con Álvarez Mínguez (1986) que la ***Dinámica de Grupos*** no es excluyentemente ni un saber ni un saber hacer. Es un **"arte de vivir en grupo relaciones interpersonales auténticas."** Ello requiere, por lo tanto ambas circunstancias, **saber y hacer**, pero con una nueva y más completa perspectiva porque lo que resulta verdaderamente definitorio del grupo es el hecho de estar organizado con una estructura peculiar y la conciencia que de ello tienen sus miembros.

Si bien la Dinámica de Grupos, tal como se acaba de plantear, se refiere al estudio teórico y a la actividad práctica sobre los grupos humanos, conviene puntualizar cuáles son sus objetos reales de trabajo, puesto que en el terreno de la realidad el análisis de la vida del grupo no resulta tan simple.

La existencia de todos estos grupos justifica sobradamente la aplicación de los avances y desarrollos que la Dinámica de Grupos puede ofrecerles para una mejor eficacia en el logro de sus objetivos y una mayor satisfacción interna colectiva e individual. Pero no es esto solamente, sino que estas aplicaciones al campo de la intervención psicosocial han enriquecido, a través de las investigaciones consiguientes, el acervo teórico de esta

parcela científica.



Puede afirmarse, en conclusión que la Dinámica de Grupos ha tenido y sigue teniendo un interesante y amplio campo de aplicaciones en la intervención psicosocial. Hay algunas simples y superficiales, como puede ser el uso de técnicas grupales para mejorar el clima social, la productividad y el aprendizaje de determinados grupos. Otras situaciones pueden llegar a reclamar su empleo para la integración profunda de los miembros de un colectivo ayudándoles a ser un grupo organizado y cohesionado que actúe de forma autónoma. O bien la Dinámica de Grupos proporciona estructuras e instrumentos de trabajo a un equipo que actúa en el seno de una organización facilitando y perfeccionando su funcionalidad.

1.2.-Hacia una definición de grupo.

El grupo humano como concepto científico ha tenido una amplia variedad de definiciones desde que comenzó a ser incluido entre los contenidos propios de la Psicología Social a raíz de las investigaciones realizadas en la Western Electric Company por E. Mayo (1993) con su equipo de la Universidad de Harvard.

HARVARD UNIVERSITY

Por lo general, en todas las definiciones se menciona una serie de elementos comunes que podemos extraer como notas fundamentales en la constitución científica del concepto de grupo y que se agrupan en torno a los siguientes aspectos:

a Un grupo está formado por dos o más personas (en algunas definiciones, se cuenta el grupo a partir de tres personas) las cuales

b comparten ciertos contenidos y sentimientos que forman la cultura común del grupo: normas, objetivos, sistemas de comunicación, afectos, prejuicios, etc. e

c interaccionan entre sí, bien de forma directa, bien a través de intermediarios mientras

d trabajan haciendo progresar al grupo en pos de un objetivo conocido y aceptado por todos o la mayoría de los miembros por lo que

e tienen una permanencia temporal medible al menos en función del logro del objetivo, porque otro dato muy importante a tener en cuenta en el análisis de los grupos es la estrecha relación que existe entre el objetivo y la vida del grupo. De hecho los grupos, como todo ser vivo, tienen una evolución vital y mueren cuando, una vez logrados los objetivos diseñados, pierden su razón de ser. No obstante, esta no es una norma absoluta.

Por lo tanto, puede entenderse como "grupo", según un concepto psicosocial del término, a todo conjunto de personas (a partir de tres) que, unidas por un objetivo común, pueden interrelacionarsen entre sí, aceptando ciertas normas y compartiendo emociones pero, sobre todo, participando de un sentimiento común: el "nosotros" grupal, espíritu de equipo o "membership" que los mantiene unidos al menos durante el tiempo en que permanece la locomoción hacia el objetivo propuesto.

Este concepto de unidad es muy importante para entender al grupo ya que, tal como se entiende en Psicología Social, el grupo es algo más que la suma de sus miembros. Al integrarse en torno al logro de objetivos y poner en marcha una actividad, con las consiguientes interacciones entre sus miembros, el propio grupo establece un dinamismo de unidad y cohesión, y genera una personalidad grupal propia.

Por este mismo motivo la conducta individual se va a ver modificada por los objetivos del grupo y las experiencias que tanto el propio grupo como cada uno de los miembros vivan dentro y fuera de él. De esta manera los individuos que son miembros de un grupo enriquecen su personalidad con las características propias de la "cultura" grupal

y participan del "espíritu de equipo".

A título de ejemplo se citan a continuación algunas definiciones elaboradas por un variado conjunto de autores que han abordado este tema desde numerosas perspectivas científicas, tanto teórica como prácticamente.

En 1980 se considera el grupo como:

> "Un conjunto de personas con un objetivo común al que intentan abordar operando como equipo. La estructura de equipo solo se logra mientras se opera; gran parte del trabajo del grupo operativo consiste, sucintamente expresado, en el adiestramiento para operar como equipo".
>
> Por concepción generalizada de lo que es un grupo incluyo aquella definición que lo postula como "un conjunto de individuos que interaccionan entre sí compartiendo ciertas normas en una tarea".

Se insisten en definir al grupo como:

> "Un conjunto de individuos cuyas relaciones mutuas les hacen interdependientes en algún grado significativo. Así definido el término grupo se refiere a una clase de entidades sociales que tienen en común la propiedad de interdependencia entre sus miembros constitutivos".

Con un criterio mucho más reducido se considera que grupo es:

> "Cierta cantidad de personas que se comunican entre sí durante cierto tiempo y que son lo suficientemente pocas como para que cada una de ellas pueda comunicarse con todas las demás, no en forma indirecta, a través de otras personas, sino cara a cara".

Algunos investigadores definen al grupo con un dato interesante: la existencia de unos valores que se suscriben en común. Es lo que se podría denominar "cultura del grupo" de la que van a derivarse las normas que regirán su conducta. El grupo es:

> "Una pluralidad de individuos que se hallan en contacto los unos con los otros, que tienen en cuenta la existencia de unos y otros y que tienen conciencia de cierto elemento común de importancia. Una característica importante del grupo es que sus miembros poseen algo en común y que creen que ese algo establece una diferencia".

Existe una definición muy simple del grupo humano:

> "Puestos a dar una definición amplia pero suficiente, diremos que **grupo es el conjunto de personas que se relacionan entre sí de modo directo**".
>
> El grupo, si bien depende de los individuos que lo integran, sin embargo, su realidad supera la riqueza de sus miembros. La suma de los individuos no explica al grupo.

Por lo tanto, el grupo humano se nos aparece como un sistema abierto, necesariamente vinculado con su entorno y en interacción compleja: de los individuos entre sí y con otros grupos.

Debe de existir tres condiciones "necesarias y suficientes" para poder afirmar que un colectivo humano se convierta en grupo según la perspectiva psicosocial:

> "1) que los componentes de ese colectivo se definan como miembros del grupo; 2) que compartan las creencias grupales; 3) que exista algún grado de actividad coordinada. La primera y tercera condición se subsumen en la segunda, ya que la creencia grupal fundamental es "somos un grupo". Si los individuos no comparten esa creencia, entonces no se consideran miembros del grupo y, por tanto no podrán desplegar ninguna actividad coordinada."

La actividad vital de un grupo suele estar orientada al logro de los objetivos que se haya señalado pero también puede ser una actividad estructurada sobre situaciones - modelo creadas al efecto a las que se denomina *Técnicas de Dinámica de Grupos.* Por lo general suelen tener un cierto carácter lúdico o de simulación que a veces ha hecho que fuesen consideradas precisamente como eso, juegos sin trascendencia.

Pero hoy se conoce la importancia de estas técnicas que han tomado ya carta de naturaleza en numerosos campos de trabajo: Educación, Psiquiatría, Medicina, Sociología, Intervención Comunitaria, Animación Sociocultural, etc.

La nota más destacada de la identidad de un grupo es la noción de *membership* (o espíritu de equipo) que se refiere al sentimiento de coherencia y unidad que experimentan, y manifiestan, los miembros en tanto que se sienten pertenecientes al grupo.

El espíritu de equipo se constituye como la demostración, en cada uno de los miembros del grupo, de la existencia de un YO colectivo en el que todos se incardinan sin perder su identidad privada, íntima y personal.

Cuando este espíritu de equipo existe da lugar al establecimiento de la cohesión entre los miembros del grupo. Esta cohesión se manifiesta a través de un sentimiento se solidaridad, como la conciencia de "pertenencia" al grupo adhiriéndose a su cultura y suscribiendo sus normas mientras se toman como propios los objetivos y se participa activamente en todas las tareas emprendidas.

En consecuencia y compartiendo el **interés común** por el grupo y su funcionamiento, sus miembros tienen una idea muy precisa de los **fines y objetivos** hacia los que hay que tender. Poseen asimismo una clara percepción de la existencia se una **conducta colectiva** y del sentimiento de una **solidaridad** igualmente firme ante los éxitos o los fracasos, que al ser del grupo, son de todos por igual.

Según que el espíritu de equipo sea estudiado en el momento de su formación o en fases posteriores, durante la vida normal del grupo, podrá ser descrito desde un punto de vista genético o dinámico

Los elementos genéticos son aquellos que potencian el nacimiento del grupo y favorecen su existencia con la aparición de un fuerte sentimiento de cohesión, mientras que los elementos dinámicos son los que se actualizan durante los procesos generales

del desarrollo de la vida del grupo.

Por lo que respecta a la estructura de estos elementos dinámicos, hay tres dimensiones que fundamentan el espíritu de equipo: la primera de ellas es la **unidad,** o sea, la conciencia que cada miembro debe tener de pertenecer al grupo aceptando a los demás y siendo aceptado por ellos.

En segundo lugar, todos los miembros deben implicarse activamente con su **participación** en las tareas que sean precisas para lograr los objetivos o en las actividades necesarias para establecer y mejorar el clima social del grupo.

Por último, el tercer elemento del espíritu de equipo podría ser denominado **responsabilidad.** Es aquella actitud que llevaría a todos y cada uno de los miembros a comprometerse con el grupo y sus objetivos. Se toma conciencia de que, en su medida, cada uno es una parte fundamental en las acciones y las decisiones de todo el grupo. Este elemento tendrá una distinta graduación según sea el grado de ejercicio de liderazgo. Un líder democrático compartirá con el grupo la toma de decisiones y, con ello, la responsabilidad al asumir las tareas y afrontar los resultados, mientras que le líder autoritario decidirá por sí solo asumiendo también las consecuencias de su decisión.

La génesis inicial y el mantenimiento posterior de la conciencia de grado o espíritu de equipo serán los que mantendrán, como queda dicho, la cohesión y la integración a lo largo de todos los procesos grupales. Sin embargo, un dato previo de gran interés para la buena integración de un individuo en la vida grupal es el equilibrio emocional o, dicho de otra forma, la posesión de una adecuada salud mental que le permita interaccionar con los demás sin demasiadas distorsiones.

A pesar de su interés, la salud mental no es un tema que corresponde desarrollar aquí. Pero sin embargo, dada su influencia en la formación y desarrollo de los grupos merece la pena señalar sencillamente que, entre otras características, la persona con una adecuada salud mental es capaz de adoptar las actitudes y conductas que se exponen a continuación:

- tener un autoconcepto realista y autoestima positiva, manteniendo un equilibrado nivel de aspiraciones,
- estabilizar sus emociones,
- valorar y cuidar equilibradamente su salud física,
- estar, en líneas generales, seguro de sí mismo y tomar decisiones de forma razonable e independiente,
- no engreírse demasiado con los éxitos ni culpabilizarse en exceso con los fracasos,
- ser vitalmente positivo y enfrentarse animosamente a nuevas experiencias,
- establecer cálidas y duraderas relaciones personales apreciando a los demás y confiando en ellos,
- juzgar rectamente situaciones y personas de su entorno,

- considerar los intereses y el bienestar de los demás,
- participar en tareas grupales responsabilizándose de objetivos comunes,
- permanecer flexible y abierto al cambio y al aprendizaje.

Esta enumeración no tiene que ser considerada como exclusiva ni imprescindible sino totalmente indicativa. Sería una pretensión totalmente errónea el intentar encerrar en tan breves límites un concepto tan amplio y flexible como es el de la salud.

1.3.- Características esenciales de un grupo

- El objetivo común es realmente el que define y da vida al grupo. Solamente en busca de una necesidad o desiderata, colectivamente percibida y aceptada las personas se unen y forman grupos. Y esto es así independientemente de que el objetivo haya sido impuesto desde fuera o bien independientemente de que el objetivo haya sido impuesto desde fuera o bien establecido por consenso en el seno del grupo.

Los objetivos o fines se definen cuando el grupo particulariza y señala una situación o un estado especial al que desea llegar. Las conductas se orientan, entonces, hacia su logro. Hay grupos que tienen sus fines predeterminados mientras que otros se encuentran con la libertad de fijarlos según sus deseos o necesidades. Todos los objetivos se consideran por igual, tanto si han sido decididos de forma democrática, como si han emergido de sus propias necesidades, o si han sido propuestos desde el

exterior.

De todas formas siempre, a lo largo del desarrollo grupal, se van a producir otras metas individuales o de subgrupos que podrán compaginarse, complementarse o incluso diferir de los objetivos generales.

- La estructura. Los roles. La estructura es la configuración que adquiere el grupo al constituirse y desarrollar sus actividades adquiriendo así una base de sustentación para su propia identidad puesto que las actividades que se realizan y las relaciones interpersonales suelen ser muy fluidas y cambiantes y es la estructura, en tanto que conjunto interactivo de roles y posiciones (y, en su caso, niveles jerárquicos) lo que permanece.

La estructura grupal va a reflejar, sobre todo, los roles y posiciones de sus miembros, bien sean atribuidos por el grupo, en función de sus necesidades y del logro de los objetivos, o bien asumidos directamente por los propios individuos.

En efecto, los miembros que se integran en un grupo desarrollan distintas conductas y han de desempeñar determinadas funciones que irán definiendo sus roles. El desempeño de estos roles les concederá, a su vez, una determinada posición en el grupo: el *status*. Y, lógicamente al haber una relación interactiva, el hecho de ocupar una cierta posición condicionará el desempeño del rol correspondiente.

El concepto de rol de Dinámica de Grupos no es algo tan definido y estable como el concepto de rol que se estudia en la Psicología de las Organizaciones. Desempeñar en rol en un grupo es una circunstancia mucho más flexible y tiene más aspectos personales y afectivos que puramente institucionales como sucede normalmente en las Organizaciones. Sin embargo, en otros aspectos, participa de características muy similares.

Una proposición ya clásica, define al grupo como

> "Un modelo organizado de conductas, relativo a determinada posición del individuo en un conjunto interaccionar".

Dependiendo de los entornos, modalidades y características del desempeño de estos roles se expone la siguiente taxonomía:

" a) Rol social y rol personal.

> En el social, "la posición se convierte aquí en el estatuto; el modelo de conducta se define por el consenso de los miembros del grupo y posee un valor funcional para éste."
>
> En cambio, en el rol personal: " el individuo determina por sí mismo su posición

con respecto a los demás y obra conforme a un modelo de conducta propia que estatuye en norma de relaciones intersubjetivas."

b) Rol prescrito o teórico y rol realizado o práctico.

Según nos refiramos al modelo de conductas o a las conductas mismas que integran un comportamiento dado, hablaremos de rol prescrito o teórico y de rol realizado o práctico."

Los roles o papeles más habituales en el grupo son los de líder (jefe, coordinador, conductor, etc.) y miembro activo, pero pueden coexistir con otros muchos según el tipo de grupo y las circunstancias en las que desarrolle su actividad vital. El rol de líder merece una consideración especial ya que en torno a su figura y a las funciones que desempeñe se van a estructurar las situaciones de poder que son muy importantes en el desarrollo del grupo. Condicionantes decisivos para el desempeño de roles son las necesidades socioafectivas de los miembros y su historia anterior. Elementos ambos verdaderamente significativos cuando se trata de estudiar las conductas de rol en un grupo que trabaja por el logro de un objetivo.

Tipos de Roles desempeñados en los grupos:

< Roles centrados en la tarea,

< Roles de mantenimiento del grupo (madurez y emociones),

< Roles patológicos que obstaculizan el proceso del grupo,

< Roles varios individuales (según las personalidades de los miembros y las necesidades de cada situación).

De las formas de asumir y desempeñar los roles, de su eficacia y de las emociones positivas o negativas que expresen y susciten se sigue que el grupo selecciona y coloca a sus miembros en una escala de estimación y aceptabilidad, de condena y rechazo.

En los grupos no existen personas neutras; todos los miembros desempeñan algún rol. A veces es el propio individuo el que lo escoge, pero otras veces, es el grupo el que lo atribuye. Pudiendo suceder que el deseo del individuo no concuerde con las expectativas del propio grupo en:

L el rol que creo representar,

L el rol que me adjudican,

L el rol que realmente expreso,

L el rol que los demás esperan de mí.

En todos los grupos se tiende a aislar o rechazar a ciertos miembros que no llegan a ser incorporados efectivamente como parte del grupo. El miembro "aislado" o "rechazado" puede ser un individuo con dificultades para el contacto humano o con una personalidad peculiar que le haga manifestarse como pasivo, tímido y retraído o alternativamente arrogante, agresivo o asocial de forma que su conducta y su forma de ser no hagan apetecible su compañía. Estas características pueden ser contrarrestadas por una buena eficacia en el desarrollo de las tareas que deba desarrollar mientras que, por el contrario, un individuo afectivamente atractivo pero ineficaz o desidioso puede también ser rechazado.

Si la estructura grupal se ha producido de acuerdo con el sistema institucional en el que, en su caso, se integra el grupo, se denomina "formal". Si, por el contrario, ha emergido de forma espontánea como fruto de necesidades o motivaciones internas del grupo como un todo colectivo, o de algunos de sus miembros, recibe la denominación de "informal". Muy frecuentemente en un sistema grupal conviven ambos tipos de estructuras, la formal y al informal.

- Las normas son las reglas de funcionamiento del grupo por las que se regulan las conductas y procedimientos. Generalmente son conocidas y aceptadas, al menos en cierto grado, por todos los miembros del grupo. Para que la norma pueda ser definida como tal ha de haber sido propuesta o, al menos, proclamada en el seno del grupo de forma que no pueda aducirse su ignorancia.

Según su efecto las normas pueden clasificarse en "básicas" que son las que determinan el ser del grupo y lo definen distinguiéndolo de los demás, e "instrumentales" que regulan su funcionamiento.

Por otra parte, de la misma forma que la estructura, las normas pueden ser "formales" (o institucionales) generalmente dirigidas hacia la eficacia y el logro del objetivo e "informales" que, predominantemente se orientan hacia la satisfacción y los aspectos emocionales ya sean individuales o colectivos.

Las normas informales emergen a medida que se producen las interacciones entre los miembros del grupo y se van compartiendo expectativas sobre lo justo y lo deseable. Hay veces que las normas informales tienden a rebajar el nivel de eficacia determinado por las normas formales para permitir la "supervivencia emocional" del grupo o algunos de sus miembros.

Una vez que las normas, sean del tipo que sean, han sido formuladas y aceptadas, el grupo ejerce fuertes presiones sobre los miembros para que se ajusten a ellas. Pero también es importante que el grupo se permita tener flexibilidad y capacidad de crítica. De esta forma tendrá la oportunidad de modificar las normas a medida que la experiencia o las condiciones vayan indicando la conveniencia de hacerlo.

- La "cultura del grupo": valores y creencias. Las normas tienen una importante relación con todo el conjunto de valores y creencias que han sido originados dentro del grupo a lo largo de su transcurso vital y de su locomoción hacia los objetivos. A este conjunto, cuando está suficientemente configurado en los grupos que tienen una identidad propia y una fuerte cohesión, se le denomina "cultura de grupo". Según la definición psicosocial, por cultura se entiende "un cuerpo de conocimientos que han sido transmitidos a través de generaciones y que resume el aprendizaje colectivo de un grupo".

Las escalas de valores en los grupos pueden ser muy distintas y hasta opuestas a las que predominen en el entorno social en el que se mueven, originando con ello situaciones de marginación, anomalía, o cualquier otra forma de desviación social. Pueden citarse como ejemplo al código de honor de las bandas de delincuentes juveniles.

- **Las interacciones** se definen en Psicología Social cuando se da un tipo de relación entre los miembros del grupo en la que las acciones de unos son afectadas por las de los otros. A reacciona ante B y B ante A de forma que la conducta de cada uno es su respuesta a la del otro.

En efecto, cada miembro afecta al grupo en general y es afectado por éste y cada uno reacciona ante los demás como los demás reaccionan ante él. Al menos que se produzca esta interacción no se puede decir que exista grupo en el verdadero sentido psicosocial de este término.

En los grupos de gran tamaño los esquemas de interacción, en todos sus niveles, tanto en la transmisión como en el intercambio afectivo a través de la comunicación verbal y no verbal, pueden llegar a ser muy complicados. Esta circunstancia ha llevado a algunos autores a no definir como grupo más que aquellos conjuntos humanos que pueden interaccionar y comunicarse cara a cara gracias al reducido número de sus miembros.

Este criterio es una característica básica para la locomoción hacia el objetivo ya que sin alguna forma de interacción el grupo no podría funcionar si se entiende su acción como colectiva. De tal forma es así que el hecho de que sus miembros puedan sentirse implicados en una red de interacciones más o menos estrechas es importante tanto para los resultados de la acción del grupo como para los sentimientos positivos que experimentarán en relación con la pertenencia al mismo y la identificación con el espíritu grupal.

- La cohesión viene dada por las relaciones iniciadas entre los miembros y sostenidas por las normas que, o bien existen ya, o bien se desarrollan a lo largo del funcionamiento del grupo al esforzarse sus miembros por alcanzar una meta en común. Se determina por el grado en que los miembros desean participar y permanecer en el grupo.

Esta cohesión produce el sentimiento de unidad del grupo, **el espíritu de equipo,** también denominado "membership" en la bibliografía anglosajona como se dijo más arriba. Desde el punto de vista grupal, la unidad se da cuando un conjunto plural de personas tienen un sentimiento colectivo de su proximidad sabiendo que necesitan colaborar en tareas coordinadas y coherentes de cara al ambiente exterior.

Esta conciencia de pertenencia viene expresada por la palabra "nosotros". Asumir y aceptar esta "noción del grupo" es el primer paso para la colaboración en el logro de la eficacia y para el disfrute de la satisfacción de estar juntos. Cuando el grupo se acepta mutuamente, los miembros entre sí y con su líder o coordinador, comienza también a aceptar responsabilidades en la tarea.

- **El clima o atmósfera del grupo** es también uno de los elementos importantes en la caracterización de un grupo. Se refiere a la tonalidad afectiva que predomine en las acciones y las relaciones. Según sea la disposición de ánimo y los sentimientos de un grupo serán las interacciones entre sus miembros. Cuando el signo es positivo hay mejor productividad y eficacia y, sobre todo, mayor satisfacción.

De tal manera es importante la creación y mantenimiento de un clima adecuado que se considera que lograrlo es una de las funciones del líder. Pero además, va a surgir a lo largo de la vida del grupo un rol determinado, el de "mantenimiento" que, ocupado por el miembro más idóneo para ello, tiende a solucionar los problemas afectivos que aparezcan, equilibrando las emociones individuales y colectivas de forma que la convivencia sea tolerable y aun grata y la acción productiva y eficaz.

- **Las emociones compartidas** experimentadas por el grupo están en relación con lo dicho anteriormente sobre el clima y sobre la cohesión y sentimiento de unidad grupal. El hecho de que existan emociones y sentimientos colectivos no implica que desaparezcan los sentimientos privados y personales de cada individuo sino que, muy al contrario, se enriquezcan con las vivencias que produce el sentimiento de "membership o espíritu de equipo".

- **El sistema de comunicaciones interno y externo** es uno de los puntales del grupo. Se trata de la forma en que los miembros, y sobre todo el líder, han establecido las posibilidades de intercambiar mensajes entre ellos y con el exterior. Estas comunicaciones son las que permiten al grupo fijar y desarrollar sus pautas de actividad y consolidar su estructura determinando las posiciones y los roles que en ella se integran. Por medio de la comunicación, somos capaces de aprender a conocernos, de compartir experiencias, ideas, sentimientos. Y a través de este medio podemos definir, diagnosticar y resolver problemas comunes: en resumen, podemos trabajar en grupo.

En ciertos tipos de grupo, que tienen una estructura muy jerárquica, cada miembro solo puede recibir comunicaciones de los que le anteceden en la escala de posiciones y sólo

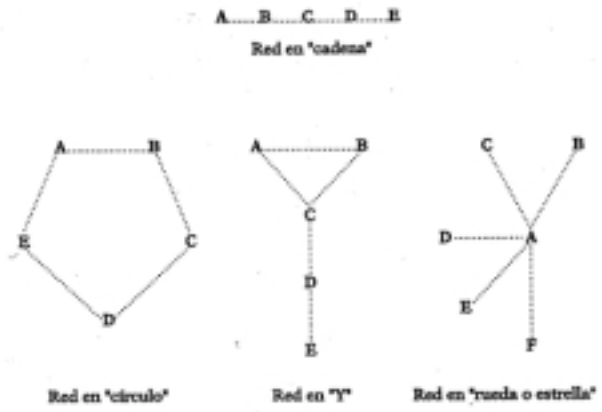
puede emitir información a los que le suceden en la misma. Otros grupos tienen algunos miembros destinados solamente a dar y recibir las informaciones. Otros, en fin, tienen una estructura menos rígida y los miembros pueden establecer flujos de información en todas direcciones. Por todo lo cual puede deducirse que las posibilidades de establecer diferentes redes de comunicación son múltiples y están muy relacionadas con el tipo de estructura que tenga establecido el grupo y con sus necesidades de funcionamiento.

Lo que parece claro es que para que se desarrolle una comunicación optima es indispensable que cada miembro adquiera previamente la conciencia de pertenencia al grupo. De que este sentimiento exista o no se derivará una diferente calidad en los estilos y formas de la interacción comunicativa.

Una de las cosas que más caracteriza a un grupo es su red de comunicaciones, en la que se pude apreciar la calidad de sus intercambios y relaciones y el grado en el que son libres para comunicarse unos con otros. El estudio de las redes de comunicación de los grupos comenzó sus trabajos investigando sobre las formas en que se podían comunicar cinco personas situadas experimentalmente ante la solución de un problema.

Como consecuencia de los resultados de estas investigaciones se han hecho ya clásicos los diagramas de las redes más frecuentes de la comunicación grupal. El estudio de estas redes se ha denominado también *teoría de los grafos*. En el cuadro siguiente se detallan algunos de los ejemplos más destacados.

Se pudo comprobar, al igual que en otros muchos estudios e investigaciones que se han hecho sobre estos temas, que se da una importante correlación positiva entre la eficacia de grupo y la calidad y cantidad de las informaciones y de su disponibilidad y fluidez dentro del grupo. Pero, además, otro dato interesante en los trabajos de Leavitt ya citados fue la comprobación de que también existía correlación positiva entre la satisfacción y las posibilidades de recibir y establecer comunicaciones. Esta situación de unos y otros miembros ha sido denominada como *central o periférica* según su proximidad a la fuente de informaciones y la capacidad para transmitir y distribuir las que se reciben.



1.4.- Tipos de grupos.

Al considerar los distintos tipos de grupos conviene tener presente previamente que hay otras variantes de la conducta colectiva que aun sin reunir las características exigidas para los grupos tienen entidad propia. Entre las más significativas y frecuentes se encuentran las siguientes:

- Las ***categorías, clases o clasificaciones*** sociales que son grupos lógico-formales. Se trata de la reunión puramente conceptual de una pluralidad de personas que tienen una o varias características en común reconocidas socialmente: sexo, profesión, carácter racial, etc. Están formadas por individuos que no se conocen, ni interaccionan, ni están realmente juntos más que en la verbalización, la ideología o la mente del que los estudia.

- Las ***masas***, que son formaciones agudas y pasajeras que aparecen y desaparecen con cierta rapidez, actuando sobre la base de emociones comunes. Lo más característico de la masa es que interiormente es desorganizada y exteriormente amorfa sin presentar ninguna estructura. Los individuos entran y salen de la masa movidos por las emociones que los han congregado. Ocasionalmente las masas tienen un mínimo de organización cuando la dirige un líder típico "caudillo" que es el único que, en esa situación, poseería conciencia del objetivo a lograr.

- **La *multitud,*** que puede entenderse como una variante de la masa. Se trataría de un colectivo de seres humanos agrupados en torno a un motivo muy pasajero y superficial. Pueden servir de ejemplo los curiosos que observan un incendio o un desfile.

Distintas clasificaciones de los grupos: Entrando ya directamente en los distintos tipos de grupos se pueden encontrar, revisando la bibliografía científica, varias clasificaciones que, aun siendo diferentes según el criterio elegido para establecerlas, no se excluyen entre sí. Entre las clasificaciones que pueden ser más interesantes para entender las situaciones grupales destaca la que utiliza unos criterios muy completos que abarcan una amplia gama de características para distinguir entre grupos primarios y secundarios:

Grupos Primarios son los que cumplen, en líneas generales, las siguientes condiciones:

- T Formación espontánea.
- T Número restringido (Todos se conocen).
- T Interacción directa, cara a cara.

- T Se "sienten" y se "saben" del grupo.
- T Comunicaciones sin intermediarios.
- T Se favorece y confirma el YO individual.

En los **Grupos Secundarios,** a su vez, se da estos datos:

- T Formación espontánea o artificial.
- T Número amplio o sin límites.
- T No existe interacción directa.
- T Se "saben" del grupo (a veces se "sienten").
- T La comunicación necesita intermediarios.
- T No afecta, en principio, al YO individual.

Esta clasificación ha sido muy difundida y utilizada aunque tiene aspectos criticables en la elección de los criterios. De hecho, muchos autores no reconocen como tales a los grupos del segundo de los tipos, los grupos secundarios.

El grupo **restringido** es aquel que tiene unos límites muy precisos en lo referente a las normas básicas o de constitución y al número de miembros y los sistemas de comunicación y desempeño de roles. La familia es el ejemplo clásico. Junto a él sitúa a los grupos **extensos,** como por ejemplo los partidos políticos y, finalmente, la **sociedad global** como un gran conjunto de todos los demás grupos.

Otra clasificación, que tiene como base de orientación para sus criterios las finalidades de eficacia y de satisfacción, establece una distinción entre los sociogrupos y los psicogrupos.

- L En los **sociogrupos** las afinidades entre los miembros están definidas y condicionadas por las necesidades de lograr un objetivo. Se priman la posesión de recursos, el compañerismo en las tareas y la capacidad de trabajo. Son los grupos que están orientados a la eficacia.
- L Los **psicogrupos** se constituyen con estructuras más flexibles, hay más elecciones recíprocas y los motivos son de tipo afectivo buscando efectos gratificantes. Se intenta buscar compañeros con los que se pueda estar a gusto y pasarlo bien en un clima relajado y cómodo.

Se puede dar la circunstancia de que un grupo se comporte como un sociogrupo

cuando está presionado para alcanzar sus objetivos pero tenga conductas y actitudes psicogrupo cuando llegue el momento del relax o se necesite recuperar o mantener un clima afectivo gratificante.

A partir de estos trabajos, se puso de relieve otra clasificación también interesante para la vida de las aulas: grupos **formales** e **informales.**

- ± Son grupos **formales** aquellos que responden a una organización predeterminada con reglas y jerarquías explícitas y son **informales** aquellos grupos que se cohesionan previamente y de esta cohesión emerge (a veces de forma implícita y hasta no consciente) una estructura que por ser interna y espontánea es "informal".

Otra tipología de grupos muy utilizada en el trabajo de investigación es la que emplea criterios relacionados con el tamaño del grupo y el tipo de tareas a desarrollar.

- ± Así se habla de **grupo pequeño** (máximo 12 miembros) que es el que los miembros pueden trabajar en interacción directa en tareas muy activas y creativas, de autoaprendizaje y discusión y, en general, en aquellos procesos propios del "seminario de trabajo".

- ± El **grupo mediano** (máximo 40 miembros) vendría a coincidir aproximadamente con el tamaño de una "clase escolar" y son también sus tareas las que puede realizar: sesiones de trabajo expositivo, con discusión o coloquio, lección magistral o dialogada, etc.

- ± Por último, el **gran grupo** (por encima de 40 miembros) no puede mantener interacciones directas entre sus miembros por lo cual la actividad más apropiada para él es la de tipo puramente informativo, como por ejemplo una conferencia.

Utilizando el criterio de la estructura de roles y el tipo y distribución del liderazgo y los estilos de poder, los grupos pueden ser de funcionamiento **autocrático, democrático o anárquico.**

- % El grupo **autocrático** se caracteriza por una estructura rígida y muy jerarquizada con unas normas absolutas y fuerte disciplina. El líder es autoritario y toma las decisiones por sí mismo.

- % El grupo **democrático** tiene una normativa clara y aceptada por todos que puede, incluso, haber emergido del seno del grupo, y su líder ha sido democráticamente elegido. La estructura es flexible.

- % Finalmente se puede considerar un tercer tipo de grupo el **anárquico o "laissez-faire"** que se caracteriza por no poseer una estructura definida

ni unas normas claras y estables. El líder, si existe, es débil y no da seguridad al grupo. Son grupos generalmente centrados en la satisfacción, pudiendo servir de ejemplo la peña de amigos de un casino o los niños que suelen jugar juntos en el recreo del colegio.

1.5.- Fases en el desarrollo del grupo.

La formación y desarrollo de grupo, es decir, el hecho de que un conjunto de personas se convierta en lo que la Psicología Social define como grupo, constituye una de las dimensiones más interesantes tanto en el estudio teórico de los mismos, como en la intervención directa sobre la realidad social.

Se pueden citar seis estadios que resumen el proceso secuencial de formación y desarrollo por el que pasa un colectivo hasta llegar a reunir las condiciones y características psicosociales que lo definen como grupo.

Se trata de una serie de pasos que, aunque se suceden en el mismo orden, no tienen siempre la misma duración temporal, dependiendo el comienzo de cada uno de ellos de la calidad con que se ha logrado alcanzar el paso precedente.

Estos estadios o niveles son los siguientes:

± *Periodo de descontento:*

En este momento las personas que formarán el grupo se aperciben de sus necesidades y pueden llegar a sentir un cierto estado de indefensión. Si se encuentran incardinados en un grupo, se oponen al poder y no hay participación. No es extraño que se registren brotes de violencia.

± *Suceso precipitante:*

Puede ser un suceso puntual o cualquiera otra circunstancia que pueda servir como símbolo o señal de identificación para que se forme el nuevo grupo. El cambio como algo positivo entra a formar parte de las expectativas de los miembros.

± *Identificación con el grupo:*

Aparece ya en este momento el sentimiento de pertenencia al grupo que, con ello se puede dar ya por constituido. Se producen los fenómenos clásicos del proceso grupal tales como la presión para conformarse a las normas, las manifestaciones formales de adhesión y la competitividad - cuando no agresividad - frente a los exogrupos.

± *Productividad grupal:*

Como su nombre indica esta es la fase orientada al logro de los objetivos que el grupo se haya marcado. Se van definiendo los roles según las tareas a realizar en función de las metas y se establecen líneas de colaboración si benefician la locomoción hacia el objetivo propuesto.

± *Individualización:*

A medida que se van logrando los objetivos grupales, comienzan a surgir subgrupos y a hacerse presente las necesidades individuales. En consecuencia, se establecen normas de equidad: a cada uno según su contribución y cambian las actitudes hostiles frente a los exogrupos.

± *Declive grupal:*

Cuando parece que ya no hace falta seguir en un grupo aparecen desconfianzas internas y faltas de motivación. Igualmente, los subgrupos pueden llegar a tener conflictos entre sí por déficit de cohesión.

No es ésta la única elaboración teórica en torno a las fases por las que pasa la vida de un grupo. El proceso de desarrollo de un grupo es muy parecido al desarrollo psicosocial del individuo. Ambos pasan a través de momentos semejantes en los que se refiere a su línea de socialización, maduración e integración social.

Este es el motivo por el que se pueden encontrar en cualquier grupo muchas situaciones de coincidencia con todo el proceso evolutivo por el que va pasando el sujeto desde que es bebé hasta que llegue a la edad adulta.

Se trata de una perspectiva bastante comprensible, y por eso la citamos, dado que un grupo se puede considerar a todos los efectos como un ser vivo y en evolución. Y el desarrollo de un grupo es, por lo tanto, un proceso activo con toda esa dinámica vital que va desde la dependencia del niño a la independencia del adulto cuando ya la persona más que necesitar de los otros, influye en ellos y se deja influir; esto es, interacciona.

Un grupo en su locomoción hacia su objetivo pasaría por dos fases (que también podrían ser estudiadas como pasos progresivos en el camino hacia lo que se viene a denominar como "personalidad grupal madura"):

1. *la fase de "dependencia"*

2. *la fase de "independencia"*

1. *la fase de dependencia* se caracteriza, fundamentalmente, por la fijación de los miembros del grupo a su líder o coordinador, asignándole una condición de omnipotencia: **Él lo puede y lo sabe todo.** Puede ser que sea el líder quien impone esta caracterización de omnipotencia, pero desde luego el grupo lo acepta.

Esta fase tiene una dinámica evolutiva que le es propia, pudiéndose analizar, al menos, tres períodos que se pueden entender como tres grados de despegue o maduración a partir de la dependencia.

- Período de dependencia.
- Período de contradependencia.
- Período de aclaración.

El período de dependencia se caracteriza por una verdadera sumisión hacia el coordinador del grupo. Todo lo que este dice o hace se toma como lo verdadero e indiscutible; se espera **todo** de su función. Pidiéndosele, además, - de manera manifiesta o latente - una relación de autoridad. Normalmente en este período van a destacar los miembros más impulsivos y agresivos.

El período de contradependencia es un intento de negar la dependencia. Sería comparable al niño que se va diferenciando de su madre (ya no es una extensión de ella) y que lo afirma con sus "nos" y sus "míos". En el grupo nos vamos a encontrar con luchas entre distintos miembros y desconfianza para con el coordinador. Es posible que surjan dos subgrupos: el de los líderes contradependientes (quienes podrían comportarse de forma agresiva, con críticas destructivas, con ironías, con bromas justo cuando el grupo empieza a trabajar, etc.) y el de los dependientes.

El período de aclaración se caracteriza porque el grupo es capaz de dedicarse al trabajo establecido; es capaz de desarrollar un sistema y marcarse unos objetivos. Hay personas que van haciéndose cargo de las tareas directivas y de responsabilidad.

2. La fase de independencia, en la que el grupo va asumiendo su propia responsabilidad, tiene una dinámica evolutiva característica y cuenta, igualmente, con tres periodos sucesivos en los que puede observarse una progresiva marcha hacia la madurez y autosuficiencia:

- Período de encanto.
- Período de desencanto.
- Período de juicio.

En el *periodo de encanto* se idealiza al grupo. Acaba de reconocer su crecimiento y su independencia y enfoca su futuro con optimismo. Se establece un alto grado de camaradería entre los miembros, un verdadero espíritu de grupo. En la actividad grupal priman las risas, las bromas, el buen humor… junto con un alto grado de dinamismo, interacción y participación.

El *período de desencanto* con la aparición de un cierto nivel de autocrítica se produce una vuelta hacia cuestiones del tipo: ¿qué hacemos aquí?, ¿Sirve esto para algo?, ¿Podré aplicar lo que estamos haciendo?...Se pone todo en duda y se somete a discusión. Frecuentemente se da huidas, ausencias o tardanzas en algunos participantes y otras personas optan por pedir ayuda al grupo.

Estos dos períodos podrían parecerse a esa fase adolescente donde todo está muy bien y se hacen grandes cosas con mucho entusiasmo. Pero, de pronto, todo esta mal y no sirve. Hay mucha ilusión y, de pronto, surgen miles de dudas. Es decir, por un lado está la idealización, como forma de negar la problemática interna que se está haciendo patente, y por otro lado están el ataque y la autocrítica como símbolo de un sano reconocimiento de las dificultades.

El *período de juicio* se caracteriza porque el grupo es capaz de examinar la realidad y evaluarla para poder diseñar pautas de acción positiva. Es la actitud que puede hacer progresar al grupo en su locomoción hacia el objetivo. Correspondería al propio de la personalidad equilibrada y adulta.

Repasando el concepto **dependencia - independencia**

El rasgo más sobresaliente de la dependencia infantil es su carácter *incondicional,* porque el niño depende completamente del "objeto"/ madre (lo que le sustenta y le produce seguridad) para asegurarse el bienestar físico y su satisfacción psíquica. El grado absoluto de dependencia lo encontramos en el estado intrauterino, donde no hay diferenciación entre el sujeto y el "objeto"/madre. La causa está en que el niño se relaciona con un solo "objeto" y además lo hace de forma rígida y exclusiva, de manera que si a relación se rompe, la pérdida es desoladora y la sensación de desamparo e indefensión produce un fuerte impacto emocional.

La dependencia madura -la independencia-, en cambio, se caracteriza por ser *condicional* y, por tanto, la relación con el "objeto" (que en el grupo es la que se establece con el líder y con los demás) tiene cierta amplitud y flexibilidad. De esta manera, si un adulto pierde el "objeto" que le sustenta, tiene posibilidad de "elaborar el duelo", es decir va a superar esa dificultad, porque posee otros vínculos con otra serie de personas o si no, los puede establecer. Quien establece una relación de dependencia infantil no tiene posibilidad de elegir o establecer nuevos vínculos.

Aunque estas perspectivas de análisis son de corte psicoanalítico y han recibido ciertas críticas por parte de quienes no valoran esta perspectiva científica, se exponen aquí porque constituyen una explicación clara y adecuada con la que poder comprender muchos de los comportamientos y actitudes que se producen a lo largo de la vida y actividad de los grupos.

Se puede concluir, como resumen, que en todos los grupos se da, a lo largo de sus actividades, unos procesos de evolución los cuales, dentro de las lógicas diferencias, tiene una cierta uniformidad. En esta evolución se puede asimismo observar una especie de paralelismo con el desarrollo vital humano, lo que nos permite concretarla en tres grandes fases o etapas:

a) Nacimiento: las personas -o el colectivo- que en su momento constituirán el grupo perciben de forma más o menos clara una necesidad que se satisfará agrupándose. En consecuencia, el grupo nace y se consolida gracias a la formulación de sus objetivos. Estos objetivos son la definición operativa de las necesidades que dieron origen al grupo.

b) Para el logro de sus fines comienza la locomoción del grupo. Adquiere una estructura, configura y define sus roles -especialmente los relacionados con el liderazgo- y se dota de normas. Al trabajar y desarrollar las actividades que le llevarán a conquistar su objetivo, el grupo establece una metodología propia, la más adecuada a la forma en que sus capacidades pueden ser puestas al servicio de los objetivos.

c) Logrado el objetivo se evalúa el proceso. Puede resultar el final definitivo o simplemente el paso de una etapa a otra, dependiendo de las características del grupo y de sus objetivos. Esta tercera fase está siempre marcada por esa cierta pausa que es la evaluación o valoración de la que, en parte, va ha depender el futuro grupal.

Si el grupo no considera totalmente logrado su objetivo o se marca otros nuevos, (por ejemplo un grupo - clase, un equipo deportivo que finaliza con éxito una Liga, etc.) comienza de nuevo el ciclo. Si, por el contrario, la locomoción del grupo le llevó a su punto final, la vida de ese grupo ha terminado (un Seminario de trabajo en la

Universidad, una Comisión puntual en el Ayuntamiento, etc.) sin que ello sea obstáculo para que las personas que lo integraban puedan volver a asumir roles grupales en otras situaciones.

2.- EL ROL DE COORDINADOR DE GRUPO

2.1.- La coordinación de grupos. El Liderazgo.

Son muchos los autores consideran que ningún grupo puede efectuar una acción positiva en el sentido de sus metas sin la participación y el apoyo de una persona que se responsabilice del rol de coordinador. Estos juicios, han motivado el espacio que en este tema queremos dedicar a la figura mencionada, haciendo un análisis y una valoración de su papel dentro del grupo.

Entendemos por coordinación la función desempeñada por aquel de los miembros del grupo que tiene como tarea, y en bastantes casos como profesión, concentrar sus esfuerzos en torno a la vida del grupo y la consecución de sus objetivos. Su presencia y su actividad son fundamentales tanto para la creación y mantenimiento del grupo en sí como para que primero se definan y después se logren los objetivos grupales.

Una dificultad inicial al comenzar el estudio de esta figura que va a desempeñar uno de los principales roles en el grupo, es la de utilizar una denominación adecuada. Existe, indudablemente, el nombre de líder y su conceptualización científica. Pero el liderazgo es una función que puede ser desempeñada por otras personas y en otras circunstancias. Es cierto que todo coordinador ha de ser líder y poseer las características básicas del rol de liderazgo. Sin embargo, también es cierto que no todos los líderes ejercen y desarrollan tareas de coordinación grupal.

Existen, igualmente, otras denominaciones, como, por ejemplo, conductor, catalizador,

mediador… Y podemos encontrar en todas ellas ligeras diferencias, ciertos matices que las hacen aparecer en situaciones distintas.

El coordinador del grupo es alguien que, dentro del mismo, se pone al servicio de las ideas básicas, pero sin adueñárselas porque, realmente, deben ser entendidas y suscritas por todos. Es también el que ayuda y guía al grupo para que las pongan en práctica; pero siempre siguiendo el criterio de no hacer nada en el propio grupo como tal pueda hacer por sí solo.

Proponemos, por tanto, la denominación de "coordinador" o "coordinadora", en su caso, para esta persona que ha de estar, a la vez, dentro y fuera del grupo. Y, debe ser aquella persona:

> "que se haga responsable del funcionamiento general, que mantenga el entusiasmo de los primeros momentos, que prepare y guíe cada sesión y que, sobre todo, esté muy convencida de la idea rectora que hace vivir y funcionar la Escuela de Padres. Porque su primera actividad va a ser la de aglutinar todos los esfuerzos de los participantes motivados por esa idea, que es la que ayudará a formular los objetivos a conseguir"

El liderazgo o puesto de autoridad y responsabilidad en el grupo es una de las características más determinantes en grupo que comienza su andadura como tal. Se trata de una función importante para la consolidación de la estructura grupal y para la definición de los roles que realizarán las tareas grupales.

Por lo que respecta a su aparición en el seno del grupo, puede haber varias formas de asignación al individuo que ha de desempeñar esa función:

1. Puede ser elección democrática al haber tomado el grupo conciencia de la necesidad de una jefatura y de la capacidad de alguien para realizar esa tarea.

2. Puede surgir espontáneamente cuando un miembro capacitado se ofrece para desempeñar el puesto o, simplemente, lo asume.

3. Es impuesto institucionalmente por un poder jerárquico superior.

De todas formas, y teniendo en cuenta que en el grupo que trabaja por un objetivo, la eficacia depende mucho de la calidad de las relaciones personales, la persona que asume el papel de representar la autoridad y responsabilidad ha de ser aceptado por el colectivo del grupo (todos los miembros, o la mayoría de ellos) tanto si es elegida democráticamente, si ha emergido de forma espontánea o si ha sido impuesta jerárquicamente.

Este coordinador aceptado por los miembros del grupo presentará las siguientes características definitorias:

- Ofrece un **sistema de valores** propio que coincide con los apetecidos por el grupo con lo cual puede decirse que personifica, ante el grupo, a su "Yo ideal".
- Demuestra al grupo y a sus miembros **aceptación, afecto y confianza.**
- Sabe **elegir y dirigir** a sus colaboradores, delegando adecuadamente atribuciones y funciones.
- Tiene capacidad para **tomar decisiones** y establecer los objetivos juntamente con el grupo, motivándolo adecuadamente.
- Una ponderada **seguridad en sí mismo** le permite ofrecer el apoyo necesario en momentos de inestabilidad o tensión.

Partiendo de este conjunto de características el coordinador dispone de una serie de recursos, tanto personales como del puesto, con los que se determinarán distintos tipos de poder o ejercicio de la autoridad.

Por lo que respecta a la calidad y efectos del ejercicio de la autoridad (en ciertos autores denominado "poder") se pueden identificar cinco variedades que pueden aparecer tanto separadas como en distintas combinaciones según se muestra en el esquema adjunto

Según experiencias e investigaciones realizadas, parece demostrado que en determinadas organizaciones estos tipos de poder se presentan agrupados en dos aspectos bien diferenciados.

Por una parte, el que podría llamarse "poder formal" aglutina las características del poder legítimo, el de recompensa y el de castigar. Este tipo de poder es el que se orienta hacia el mantenimiento de la estructura formal del grupo, el sistema oficial, concediendo interés primordial al mantenimiento del orden y a los aspectos legales: "lo mandado", la norma, la costumbre establecida, etc.

Por otra parte, en el que podría llamarse "poder informal" se agrupan las características del poder de referencia y el poder del experto. Son posiciones en las que se trata de cuidar el clima afectivo y el equilibrio socioemocional con todo lo que se refiere a los aspectos humanos y relacionales.

Es muy probable que el coordinador de grupo sea "líder formal", o actúe como tal, cuando el grupo se inicia. Sin embargo, también es probable que vayan surgiendo otros "líderes" en el grupo si circula bien la comunicación, apareciendo las necesidades y tendencias hacia las dimensiones informales. Es el momento en el que el "líder", exclusivamente formal se va difuminando y aparece más delimitada la figura de coordinador. En él, se podrán dar todos los tipos de ejercicios de la autoridad con la flexibilidad que las necesidades y la dinámica grupal lo aconsejen.

A pesar de todo ello, en el proceso de vida y trabajo de grupo siempre suelen aparecer normas y líderes informales que son el síntoma de una gran riqueza vital. Este sería el caso de algunos líderes estudiantiles que tienen más poder que los propios profesores y los cargos directivos académicos y son capaces de aglutinar y movilizar ha sus compañeros de forma eficacísima.

El liderazgo se debe considerar como situacional, añadiendo que "en el grupo ideal cambiará de una a otra persona, de acuerdo con la tarea que se esté realizando"

Uniendo esto con lo expuesto más arriba sobre el grupo formal y el informal, podemos afirmar que si se consigue que el grupo "formal" se funda, en cierta medida, con el "informal" cohesionándose en torno a líderes que acepta y objetivos que subscribe, y se generan estructuras y normas propias, la locomoción hacia sus objetivos será, al mismo tiempo, más fluida, más eficaz y más satisfactoria.

Esto es tanto como decir que el grupo adquiere matices afectivos y de identidad que los completarían plenamente como tal. Esta noción de grupo es la más genérica y completa abarcando todos los casos, con lo cual se nombra como tal **grupo,** ya sin los "apellidos" de formal o informal.

2.2.- El desempeño del rol del coordinador.

Coordinar un grupo puede resultar aparentemente fácil, pero, sin embargo, requiere una preparación teórica y unas habilidades prácticas específicas para interactuar con el grupo o con cada uno de los miembros en tanto que individuos, si ello fuera preciso.

La figura del coordinador es básica, como se ha dicho, para que se haga efectiva la propuesta de "trabajar juntos", que es lo que supone la situación grupal. Es una figura fundamental perse para conseguir, como objetivo básico, pensar, actuar y sentir en compañía de otros.

Para realizar un trabajo eficaz con grupos, se debe disponer de:

± un conjunto de personas con la capacidad e instrucción necesarias para desarrollar una intervención eficaz en los procesos sociales,

± un **coordinador** del proceso con la formación necesaria para proporcionar el adecuado encuadre teórico,

± un conjunto de técnicas y procedimientos pertinentes al objetivo marcado.

En la relación que se expone a continuación, se enumeran algunas de las más importantes de entre las distintas líneas de acción que va a desarrollar el líder - coordinador dentro de un grupo. Aunque en realidad se trata de una serie de roles específicos que podrían ser puestos en práctica por cualquier miembro del grupo, en alguna situación determinada que así pudiera requerirlo.

% Coordinar las actividades del grupo (ejecutivo),

% Planificar y definir las modalidades de trabajo (organizador),

% Estructurar las tácticas en función de los objetivos (estratega),

% Asesorar el trabajo y dar informaciones (experto),

% Actuar como responsable y portavoz (representante),

% Determinar la estructura y relaciones (controlador interno),

% Intervenir en casos de conflictos personales (mediador),

% Recibir la agresividad del grupo (chivo expiatorio),

% Convertirse en fuente de valores y normas (ideólogo).

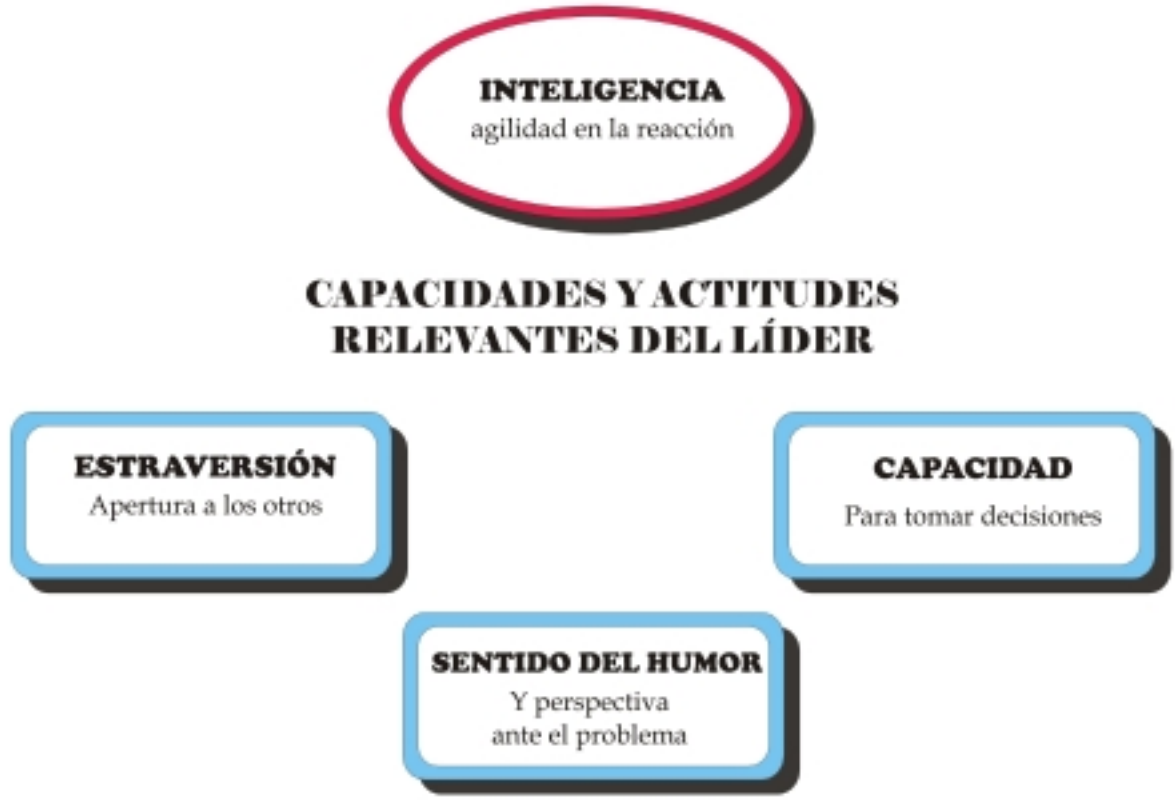
Pero, además de saber desarrollar estas línea de acción, el coordinador, como persona diferenciada dentro del grupo, ha de poseer una serie de características personales que, junto a su dominio de las técnicas, facilitaran su trabajo. Y hacemos referencia a las características personales ya que hay que tener en cuenta "la investigación humana y la implicación personal que el líder debe asumir". Es decir, el factor personal es relevante en la medida en que el coordinador interacciona con los miembros del grupo. Parafraseando a la autora antes mencionada, cuando dice que "el enseñante es también persona", nosotros podemos decir, que "el coordinador es también persona".

Por lo que respecta a estas dimensiones humanas, el profesional adecuado para la animación y conducción de grupos es el que, entre otras características, tiene la de estar dispuesto a relacionarse y saber escuchar y estar interesado realmente en la gente. Habría, además, que añadir otros aspectos importantes como, por ejemplo, saber comunicarse de forma clara, tener seguridad en sí mismo o poseer un cierto sentido del humor.

El humor es uno de los requisitos deseables porque:

> "No me refiero a que debe ser alguien que esté contando chistes sin parar, sino alguien capaz de encontrarle cualquier posible aspecto humorístico latente a las situaciones ordinarias. Esta cualidad, más importante de lo que pueda parecer, está fuertemente relacionada con la imaginación, la creatividad y la espontaneidad, características todas ella necesarias"

Desde esta óptica, sobre las actitudes y capacidades relevantes del líder como coordinador de grupo, que hemos adaptado y que exponemos a continuación:



Como acabamos de decir, el coordinador de grupo debe poseer una importante serie de características personales; pero, junto a ello, es indudable que ha de manejar una serie de destrezas específicas (encuadradas, a su vez, en una suficiente teoría) que hagan que su trabajo no esté movido por el puro azar o por una mecánica ciega de ensayo error.

El trabajo con el grupo necesita, en gran medida, el uso de la observación. La tarea de observación, por su parte, va ha exigir que se recoja, de una forma sistemática, información acerca del grupo y tendrá como consecuencia que el coordinador pueda emitir hipótesis e introducir variables que sean capaces de hacer que la comunicación dentro del grupo circule de forma adecuada para el logro de los objetivos.

Es preciso subrayar, asimismo, que si un recurso de intervención para el trabajo con grupos es la ***observación*** (hecha desde una determinada óptica teórica) y otro es la ***comunicación*** (fomentando la interacción, lanzando hipótesis, haciendo preguntas, señalando situaciones que hagan relacionarse y reflexionar a los miembros del grupo…) otro recurso de investigación importante es el ***juego*** (la puesta en práctica de Técnicas de Grupo).

Aunque, en realidad, podría hablarse de un solo recurso técnico con tres caras: ***observación - comunicación - juego***. Entre otras cosas, porque son tres elementos que se deben unir en la práctica real: si no se observa (y el coordinador adquiere una

información del grupo en cuestión) no podrán establecerse las relaciones e interacciones comunicativas adecuadas y mal podrá proponer el coordinador un juego ya que quizá lo utilice en un momento inoportuno. Por tanto, lo óptimo es observar, comunicarse y jugar; inicialmente por ese orden aunque durante los procesos grupales será imprescindible simultanear las tres acciones.

En el conjunto de actividades y responsabilidades inherentes al desempeño del rol de coordinador aparece normalmente, ya sea de forma implícita o claramente manifestada, la necesidad de "motivar" al grupo a través de una serie de interrogantes o estímulos que el propio coordinador debe lanzar. Se trata de *preguntar* para inducir al grupo a la reflexión sobre sí mismo y sobre sus objetivos, y a la evaluación de sus conductas y decisiones.

Las preguntas han podido ser preparadas previamente - preguntas seleccionadas - según la técnica puesta en práctica, el momento del proceso, etc., o elaboradas sobre la marcha, recogiendo lo observado en el desarrollo del proceso grupal - preguntas espontáneas -.

Sin embargo, tanto en las seleccionadas como en las espontáneas, si tenemos en cuenta que "la calidad de las respuestas está directamente relacionada con la calidad de las preguntas" el coordinador ha de ser especialmente cuidadoso al plantearlas.

Como consigna general puede establecerse la de no hacer excesivas preguntas: cinco o seis como máximo, en cada técnica o juego grupal. Entre otras razones, porque a medida que una pregunta es contestada por uno de los participantes, es probable que su respuesta despierte nuevas ideas o asociaciones en el resto de miembros. Y esta situación es mucho más rica que el tener que "cumplir" con la obligación de responder a un número prefijado de cuestiones. En este caso, la habilidad del coordinador, al observar este hecho, le hará ser flexible modificando o suprimiendo algunas de las preguntas que había preparado.

Otra consigna de interés sería la de elaborar preguntas abiertas. Su utilización es importante porque favorece las respuestas amplias creativas y con múltiples y diversas dimensiones. Es decir, las preguntas abiertas no dirigen la atención con exclusividad hacia un aspecto específico de la situación - estímulo sino que permiten la proyección del respondiente.

Por último, se debe cuidar con atención las preguntas encabezadas con un "¿por qué…?" ya que pueden implicar una respuesta racionalizada, vacía de afecto. Son respuestas necesarias en ciertos momentos de tensión y acaloramientos excesivos pero, en otros casos, pueden deshacer un buen clima.

Además de las preguntas, otro aspecto relevante que el coordinador debe tener presente es el contraste entre el objetivo que se marca él y los objetivos del grupo y su comprensión y clarificación. Muchas experiencias de trabajo con grupos vienen a

corroborar que si los objetivos no están claros, se va ha generar una confusión que puede dejar paralizado el proceso grupal. Además es un aspecto que debe estar continuamente en revisión porque a veces un conflicto grupal puede ser el síntoma de una situación difícil por objetivos ambiguos o no aceptados, que provocan incomunicación y bloqueos afectivos.

En estos caso, la actitud del coordinador puede llegar a convertirse en el punto de referencia que solucione o agrave el problema. A continuación se exponen dos relaciones: una con las actitudes positivas más destacadas que el coordinador de un grupo debería desarrollar y otra con aquellas de matiz negativo que no debería poner en práctica en sus tareas de coordinación.

Actitudes positivas

- **Armonizar:** concilia posiciones opuestas, comprende…
- **Alentar:** fortalece el yo colectivo o el "status" del grupo.
- **Aclarar:** vuelve a enunciar una cuestión, sintetiza…
- **Iniciar:** sugiere procedimientos, problemas, tareas…
- **Activar:** impulsa al grupo hacia la adopción de decisiones.
- **Interrogar:** formula preguntas, busca orientación…
- **Atender:** mantiene una actitud participativa aunque no hable.
- **Reducir la tensión:** ayuda al grupo con sentido del humor

Actitudes negativas

- **Dominar:** interrumpe, embarca en largos monólogos, afirma la autoridad…
- **Negar:** rechaza ideas, adopta una actitud negativa…
- **Desertar:** se retrae de alguna manera, es indiferente, excesivamente formal.
- **Agredir:** lucha por su posición, crítica, censura…

Como resumen de todo este apartado, podría afirmarse que **la coordinación de grupos** implica el desarrollo de una amplia serie de tareas relacionadas no solo con la intervención técnica sino también con la intervención personal. Ambos parámetros (el

técnico y el personal) requieren, cada uno en su estilo, un importante esfuerzo previo de estudio y formación si no se requiere que, dejando el éxito a la improvisación, se pueda caer en el fracaso o, al menos, en la ineficacia.

En el cuadro siguiente se enumeran las más significativas de estas tareas propias de la coordinación de grupos:

- @ Seleccionar los contenidos a tratar según los objetivos marcados.
- @ Ayudar a que los miembros del grupo descubran o elaboren la información que les sea necesaria.
- @ Percibir y poder señalar al grupo como están desempeñando los diferentes roles puestos en prácticas, así como sus implicaciones.
- @ Crear las condiciones oportunas para que resulte fácil asumir roles flexibles y así los miembros del grupo puedan descubrir y experimentar distintas formas de colaboración en la tarea.
- @ Fomentar independencia en los miembros y madurez en el grupo no adoptando actitudes directivas ni presentando la propia conducta como modelo a seguir.
- @ Estimular la reflexión, transformando la actitud por la que cada miembro o subgrupo se cree en posesión de la verdad, en un proceso de estudio de problemas con el que poder alcanzar el objetivo deseado.

Dada la importancia de este rol, en las fichas sobre Técnicas propuestas existe un apartado que queremos resaltar: **papel del COORDINADOR.**

En este apartado de cada ficha incluimos, precisamente, pautas de intervención y algunas notas orientativas sobre las actitudes y la conducta del coordinador sobre en relación con todos estos aspectos que se acaban de mencionar.

2.3.- La actitud no directiva.

En la coordinación de grupos ha tenido mucha importancia la confluencia de la dinámica de los grupos con el liderazgo de orientación no directiva.

La base teórica de la orientación no directiva se enraiza en la psicología humanista. Mantiene que los objetivos y las tareas del grupo están orientados a la realización y

perfeccionamiento personal de los participantes para que puedan construir o recobrar su autenticidad liberándose de rigideces y defensas.

Esta tendencia, tanto en su teoría como en su práctica, resulta muy adecuada para el desarrollo humano por lo cual las orientaciones no directivas tienen un gran atractivo en el campo de la intervención psicosocial. Los individuos (y los grupos) orientan su conducta guiados por sus necesidades de autorrealización para "llegar a ser persona", es decir, para lograr su total desarrollo.

Para ello, es preciso que el grupo se autodirija y evite, a lo largo de un proceso de crecimiento y madurez, los sentimientos y las conductas de dependencia del coordinador, monitor, profesor o quienquiera que sea el que ocupe la posición de líder, ya sea formal e institucional o informal y espontáneo. El coordinador de grupo que sea un auténtico líder según la orientación no directiva, debe limitarse a una presencia activa con la que ayude al grupo en su camino hacia los objetivos y "facilite" su progreso hacia la madurez.

Lo que resulta verdaderamente interesante en la orientación no directiva (y es realmente una Dinámica de Grupos práctica) es que da lugar a que se produzcan situaciones y actividades gracias a las cuales el grupo tiene la posibilidad de organizar su propia vida interior y exterior, desde la delimitación y búsqueda de los objetivos, con la consiguiente lucha por alcanzarlos, hasta los contactos e interacciones con otros grupos y organizaciones. El logro, en fin, de su propia autodefinición y supervivencia.

Para la persona que ejerce la coordinación del grupo, la orientación no directiva resulta un desafío interesante y difícil a la vez ya que, para integrar socialmente a un colectivo humano y ayudarlo ha construirse como grupo, se va ha necesitar una actitud personal especial y una importante preparación previa a niveles teóricos y prácticos.

Con un líder no directivo, el grupo en su estructuración a través de la Dinámica de Grupos y el trabajo cooperativo, progresará hacia la deseable madurez colectiva e individual. Y en el rol que le cabrá desempeñar al coordinador va a notarse el impacto de ese desarrollo porque de la madurez del grupo cabe esperar una sana diferenciación entre dos imágenes: la del líder que apoya, enseña y ayuda a la del poder externo del sistema o de la ideología social que, tradicionalmente, se han visto encarnadas y superpuestas en una misma persona: la que detenta la autoridad.

Efectivamente, al estar trabajando con un grupo que ha conseguido (o está consiguiendo) integrar sus responsabilidades en su proceso de trabajo y tomar la decisiones que le incumben, el coordinador no se ve en la necesidad de representar "sobre" el grupo a una autoridad que ya es superflua. Así es como, aun con sus características distintivas, él también es un miembro más del grupo. En consecuencia, renuncia al ejercicio del poder renunciando a los medios coercitivos (físicos o psicológicos) sin los cuales el poder no existe.

Todo este proceso de autonomía y de autoafirmación en los grupos bien estructurados y cohesionados, no trae como consecuencia que el coordinador sea anulado o que pierda su posición y su especial forma de autoridad. El grupo siempre le va a reconocer la autoridad derivada de su preparación profesional y sus conocimientos en lo que toca a los procesos de trabajo así como la referida a su madurez personal.

Precisamente estas dimensiones de su autoridad que el grupo reconoce y acepta, son las que definen su rol de líder no directivo y las características especiales por las que es necesitado y admitido como miembro del grupo en el que desempeña esa tarea, imprescindible pero no impuesta, de ser el que ofrece a los demás el apoyo de sus saberes reales y su madurez.

Así concebida la vida de un grupo activo, posee unas calidades distintas por lo que se refiere a las relaciones personales. El coordinador se convierte en un "facilitador" y el grupo va aprendiendo a asumir la responsabilidad de sus propios objetivos (con las limitaciones naturales). Gracias a este proceso, el coordinador se verá liberado de la obligación de representar los saberes "oficiales" y al poder "institucional" con lo cual se podrá presentar ante el grupo como la persona que realmente es, y franqueando la fosa que lo separa de los demás miembros, establecer con ellos una auténtica relación humana.

2.4.- Modelos de coordinación.

Tanto los autores teóricos como los expertos en la práctica de la Dinámica de Grupos, reconocen como una de las dimensiones específicas del grupo a la estructura y esta estructura surge predominantemente de la asunción y del desempeño de roles.

Si entendemos por ***rol*** la forma específica en que cada individuo participa del espíritu del grupo y colabora en sus tareas de acuerdo con las expectativas que ha recibido y la posición que ocupa, podemos entender que el rol y la actitud que desarrolle el coordinador son algo básico y determinante para su grupo dada la posición de liderazgo que normalmente ocupa..

Con respecto, concretamente, a las actitudes que desarrolla el líder hay que señalar que existen varios modelos de coordinación diseñados con diferentes criterios.

- Líder centrado en la ***satisfacción,*** en los sentimientos del grupo, en la creación y mantenimiento de un clima socioemocional grato, cómodo y estimulante.

- Líder centrado en la ***tarea,*** en el trabajo, en las condiciones de eficacia para poder llegar a los objetivos marcados.

Revisando los enfoques referidos a las tareas de coordinación presentamos a continuación la adaptación que hemos hecho de otro modelo que puede entenderse

como una variante o ampliación de los anteriormente citados, y que aporta unos matices muy interesantes.

- ***Coordinación mecánica:*** Lo que importa es la tarea, el producto, el deber, el orden…El coordinador *mecánico* puede describirse como "atento y activo (se diría a sí mismo: ¡hay que ser un buen profesional!).Sin embargo, si esa consigna la lleva a sus últimos extremos, el grupo puede percibirlo como ritualista, perdiendo todo lo que supone de positivo la espontaneidad. Pueden describirse, también como "efectivo" (se diría a sí mismo: ¡Si se cumple bien, se obtienen resultados en el acto!). Sin embargo, igualmente, llevado esto a su extremo, el grupo puede percibirlo como falsamente eficiente; es decir, hacen cosas y cosas…pero apenas ayudan a cambiar actitudes. También puede describirse como "justo" puesto que la "norma" es lo que impera. Sin embargo, el grupo puede ver esta actitud como enjuiciadora en la medida en que, extremada, es como encorsetar en una moral preestablecida.

- ***Coordinación nominal:*** sería como el desencanto hecho coordinación. Es un modelo de coordinación apática, formalista. Y promovería en el grupo poco de "tarea" y poco de "satisfacción". El coordinador *nominal* podría describirse como "cumplidor" en la medida en que siempre tiene en cuenta lo establecido "para que nadie te coja". Lógicamente, el grupo va a percibir rutina: No salirse de lo de todos los días es más cómodo. También puede describirse como "cortés" (suele tener incorporado una serie de ritos o ceremonias, sabe disculparse…) Pero el grupo puede percibirlo como indiferente porque confunde el no ser - autoritario con el ser - indolente.

- ***Coordinación afectiva:*** su palabra clave es la satisfacción, que las personas del grupo se sientan bien. El coordinador "afectivo" podría describirse como animador. Su consigna es la de alabar, captar muy bien lo que a los demás les gusta, etc. Pero esta actitud si se lleva a extremos puede hacer que el grupo vea a su coordinador como una persona aduladora. Es decir, el grupo sentiría que son estimados porque si se sienten bien eso revertirá en la estima de propio coordinador (como razón única). Podría, igualmente, describirse como comprensivo: entiende, escucha y crea un buen clima de comunicación. Sin embargo, esto podría conllevar el peligro de convertirse en tranquilizante: tender más bien a dar remedios, a medicar más que estimular y ayudar a que se valore el problema y se resuelva con el esfuerzo de todos.

- ***Coordinación participativa:*** Es este un modelo en el que se conjugan la tarea y la satisfacción. Se defiende, por tanto, que lo adecuado es trabajar teniendo unos objetivos que cumplir y unas normas en las que

moverse, unas normas que apoyen y ayuden pero atendiendo, también, a los sentimientos que surjan de las interacciones que surgen normalmente en el seno de un grupo en acción. Entendemos que es una actitud que tiene mucha similitud con la denominada "conducción democrática".

Otra clasificación a analizar es la que sintetiza en cuatro las funciones del coordinador que se pueden entender complementarias entre sí:

1. ***Energizantes:*** El coordinador debe crear un clima que permita que los miembros del grupo puedan experimentar vivencias nuevas, modificar las formas de relación, etc.

2. ***Intelectual:*** el coordinador ha de conceptualizar lo que se ha experimentado, encuadrar las actuaciones: explicar, confrontar, clasificar.

3. ***Continente:*** el coordinador tiene como función principal conseguir que las experiencias resulten constructivas, no dañinas.

4. ***Ejecutivo:*** el coordinador debe cuidar que la tarea se lleve a cabo y los objetivos sean totalmente cubiertos.

En esta clasificación lo ideal es que el coordinador maneje las cuatro funciones, ya que todas ellas son necesarias para la eficacia grupal. Sin embargo, cada coordinador pone más énfasis (por sus propias características personales y por su formación) en una u otra función.

Existen otras muchas clasificaciones sobre el desempeño del liderazgo.

"AUTOCRÁTICO"	"DEMOCRÁTICO"	"LAISSEZ-FAIRE"
1. Designación del líder y toma de decisiones		
Líder elegido o designado. Toma él solo las decisiones. No admite discusión.	Líder elegido democr. Admite discusión. Las decisiones se toman deliberando en común.	La forma de elección no importa. Inseguro. Se toman decisiones merced a deseos individuales.
2. Actuación del líder frente al grupo		
Directivo en el plano del contenido y del procedimiento. No toma en cuenta ninguna otra idea.	No directivo el plano del contenido, directivo en el procedimiento para llegar al objetivo señalado.	No directivo en todos los planos. Su forma de dirigir es no dirigir. Deja al grupo a su propio aire.
3. Desarrollo de las tareas		
El líder usa todo su potencial para la tarea. Admite aportaciones al trabajo pero no discusión en la forma de hacerlo. Se hace responsable él solo de todo.	El líder facilita y organiza el trabajo colectivo. Ayuda al grupo a percibir sus procesos así como sus causas y motivaciones. Comparte la responsabilidad con el grupo.	Todos pueden expresar sus sentimientos como quieran pero el líder no organiza las actividades para una productividad positiva. Nadie asume ninguna responsabilidad.
4. Productividad y satisfacción del grupo		
La productividad es alta pero sin una satisfacción adecuada. Se pueden generar sentimientos de agresividad y oposición y el clima es negativo y falta cohesión. El grupo se derrumba si el líder no está presente y activo en todo el proceso.	El grupo produce de forma positiva y con satisfacción. No hay apenas agresividad ni oposicionismo o tensión. El trabajo producido resulta original y constante. El espíritu de equipo es positivo y el grupo perduraría por sí solo si falta el líder.	El grupo está a gusto, pero la productividad es escasa o nula. La creatividad se da solo en miembros aislados. El proceso es desordenado y sin madurez. Hay inseguridad, confusión y pasividad. Y ocasionalmente agresividad. El líder es ineficaz.

2.5.- Las dificultades en la coordinación del grupo.

La persona que coordine un grupo tiene que estar atenta a las dificultades que surgirán dentro del propio grupo durante su locomoción hacia el objetivo marcado. Es fácil entender que no siempre se va a desarrollar todo como el coordinador podía prever o como el propio grupo podía desear y esperar.

Hay periodos de depresión o desánimo, que generalmente acompañan a etapas de ajuste interpersonal relativamente poco afectivas, o a los momentos previos al logro de

soluciones. Igualmente aparecen problemas de posición, que alcanzan su intensidad máxima en el periodo de ajuste interpersonal, y que vuelven a surgir en cualquier secuencia de intimidación o agresividad. Se originan entonces camarillas y cuchicheos de sub - grupos, o conversaciones antagónicas entre dos o tres miembros; o bien se manifiesta actividades no relacionadas con la acción de grupo como lectura de periódicos, "meditaciones artísticas o payasadas", atolladeros semánticos (argumentaciones sin fin sobre definiciones y conceptos), etc.

La convivencia humana genera problemas y dificultades y el coordinador del grupo, lejos de tenerlos o evitarlos, ha de prepararse para afrontarlos y resolverlos. Esos problemas suelen ser, fundamentalmente, de dos tipos:

1. *Problemas relativos a la estructura grupal:*
   - Defectos de procedimiento,
   - Redes de comunicación inadecuadas,
   - Distorsiones del objetivo.
2. *Problemas relativos a las actitudes personales:*
   - Actitudes negativas o no productivas,
   - Expectativas inoportunas,
   - Habilidades inadecuadas.

Un listado de síntomas que pueden ayudar a la intervención del coordinador al ofrecerle síntomas y datos que facilitan la evaluación de un momento grupal bloqueado:

Síntomas generales de conflicto:

- (Los miembros se encuentran intolerantes unos con otros.
- (Se atacan las ideas, aún antes de que estén totalmente expuestas.
- (No se logran acuerdos sobre planes y propuestas.
- (Los argumentos se exponen con violencia o agresividad.
- (Hay ataques personales, directos o sutiles.
- (El grupo contradice las propuestas del coordinador en un clima agresivo o apático.

Sin embargo, el conflicto en un grupo o, incluso, el bloqueo (como una paralización en la acción y en lo afectivo) no tiene por qué ser un factor negativo. Son fenómenos que se deben entender como inherentes al proceso grupal porque la vida y la locomoción de un grupo hacia sus objetivos no son lineales. A veces, incluso, resultan sanos y estimulantes y ayudan al grupo a madurar y progresar.

En efecto, el conflicto y su consecuencia el bloqueo, pueden resultar positivos, comentando que el conflicto puede servir para eliminar los elementos que separan y poder restablecer la unidad. Asimismo afirma que en la medida en que el conflicto significa una solución de las tensiones, posee funciones estabilizadoras y constituye un componente integrante de la relación. Por ello no hay que temer al conflicto ni mucho menos huirle. Lo adecuado es afrontarlo y conseguir que el grupo analice sus causas y le busque remedios.

Causas generales de los bloqueos internos en los grupos:

- Estructura grupal defectuosa,
- Bloqueo emocional y apatía,
- Escasez o deficiencias en la información,
- Roles negativos muy consolidados.

Otros hacen referencia puntual al estado de ánimo del coordinador y su posible interferencia en el desarrollo grupal, afirmando que no se relaciona el estar "bien", alegre y entusiasta con una buena sesión de grupo o al revés, el estar "mal", deprimido o preocupado con una mala sesión. El coordinador no debe preocuparse demasiado por el hecho de que su humor sea influido por la marcha del grupo. Lo importante es que sea congruente y no intente engañar ni aparentar lo que no siente.

Estos autores valoran la naturalidad frente a un posible bloqueo por cuestiones personales del propio coordinador:

> "lo que notamos es que cuanto más nos esforzamos en disimular, más se esfuerzan ellos (los miembros del grupo) en hacer que no ven nada, y se arma toda una situación de complicidad donde todo se mueve con cautela. Y la sesión sale mal, todo está encubierto, duro, disimulado. No por la depresión (se refiere a un estado de ánimo del propio coordinador en un momento determinado), sino por la complicidad en disimular"

Es lícito que el coordinador pueda tener alguna vez miedo de ver cómo el grupo que progresa con normalidad de sale, de repente, del camino marcado y se marcha en otras direcciones (igual que un barco sin timón). O de ver cómo se cierran los miembros del grupo como ostras y permanecen indiferentes a sus envites. O, incluso, ver que se ha

generado una corriente de agresividad que le resulta difícil de canalizar. Es lógico que, en casos semejantes, una sensación de impotencia pueda inundar al coordinador. Lo importante, en ese momento, es encajar las situaciones de crisis, asumirlas.

Es decir, si en el ambiente grupal hay sentimientos de frustración, la misión del coordinador es hacerlos explícitos ante el grupo en ese momento o en posteriores ocasiones. Hay que tener presente que no es difícil que, ya por problemas técnicos ya por problemas personales - del propio coordinador o de cualquier miembro del grupo - surjan situaciones conflictivas. Es un hecho y debe ser aceptado estando preparados para afrontarlo.

Porque rehusar el tomar las dificultades en consideración y verbalizarlas (hacerlas explícitas) ante el grupo - ya sean en el mismo momento en el que ocurra o en un momento posterior, una vez elaborado el problema por parte del coordinador - es exponerse a que los sentimientos se intensifiquen, se enconen y el grupo no progrese o no sea productivo. Por el contrario, los problemas, una vez conocidos y solucionados pueden enriquecer a todos.

3.- TÉCNICAS GRUPALES

3.1.- Algunas ideas básicas

Podemos definir estas técnicas como situaciones puntuales o momentos temporales de la vida del grupo en las que se plantea de una forma estructurada – de origen artificial o real- un problema a resolver o, simplemente, una cierta actividad a realizar. Además, existen, o se marcan, unos límites y unas condiciones. Para todo ello, se cuenta con unas posibilidades de acción y unos recursos concretos previamente determinados y conocidos.

El planteamiento es artificial en los casos en que se suele buscar un objetivo centrado en el grupo, como por ejemplo, solucionar un problema de competitividad interna en un equipo gerencial a través de un “Role-Playing”o de un juego de “Toma decisiones”. Es real, por el contrario, en la locomoción de un grupo hacia sus objetivos. Entonces se ponen en práctica las Técnicas de Grupo usándolas como instrumentos de trabajo al servicio del logro de esos objetivos que son externos al grupo. En este caso, se puede poner como ejemplo el de un grupo de estudiantes que prepara un tema de la asignatura utilizando la técnica de “Comisiones “.

La denominación del ejercicio en grupo se refiere a una situación – problema en la que el coordinador, como director de la actividad que se realiza, debe ayudar con su experiencia y sus conocimientos al grupo para que supere una especie de desafío deportivo de corte intelectual. El objetivo principal es el de todo “ejercicio”:adquirir destrezas y madurez.

Igualmente se pueden poner en práctica, por medio de técnicas de grupo, modos

específicos de conductas colectivas que serán, después de estudiarlas y analizadas, el germen de cambios definitivos en los comportamientos y en los esquemas cognitivos y pautas conductales con las que afrontar las situaciones-conflicto reales que se presenten al grupo en su desarrollo vital y de trabajo.

Ello quiere decir que el más importante de los materiales con los que hay que trabajar es la propia experiencia de los participantes. Experiencia en la que se incluyen no solamente los aspectos que se refieren a los contenidos de aprendizaje sino también a los aspectos socioemocionales. Por eso la observación y reflexión de lo vivido es uno de los objetivos centrales de cualquier técnica, ya que este análisis será lo que permita nivelar la situación y recuperar el equilibrio, el bienestar y la eficacia del grupo.

En nuestro caso, vamos a tomar la denominación "técnicas de grupo " en lugar de "técnicas en grupo" porque consideramos que esta segunda acepción en no conlleva ese trabajo con el concepto:"nosotros "que si aparece más claro en la partícula de.

La finalidad más directa de las Técnicas de Grupo es la de servir, en una especie entrenamiento o creación de hábitos, de herramienta metológica para el aprovechamiento óptimo de las habilidades cognoscitivas y afectivas de los miembros que participan en su realización.

En ciertas ocasiones, y a través de consideraciones relativamente superficiales, se ha podido llegar a asimilar el concepto de Técnicas de Grupo con el de simples juegos de salón. Esta creencia es un error que parte del desconocimiento del auténtico valor del trabajo grupal como unidad.

Su justificación de fundamenta en el valor del hecho cooperativo. Todo grupo sano tiende a la mejora de su integración y de su eficacia y al mismo tiempo ,al mayor bienestar de sus miembros. La pertenencia a la estructura grupal brinda así a cada uno de ellos la posibilidad de desarrollar, sus capacidades, de aumentar sus saberes y conseguir llegar a la superación de problemas de forma mucho mejor y más completa de lo que podría por sí solo.

La versatilidad y riqueza de las técnicas grupales, les permite al mismo tiempo, estimular la creatividad y originalidad del pensamiento divergente y, también, modular la tensión y el dinamismo grupales.

Gracias a la formación adquirida a través de su uso, los miembros del grupo pueden llegar a conseguir una serie de objetivos que se enumeran así:

- Conocer mejor a uno mismo y a los demás, sobre todo en las conductas que se refieren a la relación interpersonal.

- Conocer la dinámica y el funcionamiento de los grupos humanos.

- Desarrollar la eficacia de las actividades grupales.

- Lograr la madurez del grupo y de sus miembros y las posibilidades de satisfacción.

El uso de técnicas grupales, por lo tanto, pone en marcha el dinamismo del grupo y le hace tomar conciencia de sí mismo. Sus miembros piensan y toman decisiones para la acción ,desarrollando sus capacidades de interacción y cooperación. Así también se vencen temores e inhibiciones y se fomenta la vivencia social en grupo (membership o conciencia grupal) expresada por la palabra " nosotros ".

En la conciencia grupal se genera otro de los elementos básicos para el funcionamiento del grupo: la cohesión. Pero además, el desarrollo de las actividades diversas en torno al logro de los objetivos previamente determinados, hace surgir la estructura de roles en la que cada cual asume la función y el puesto que mejor le cuadra a su propia personalidad y que mejor va a servir a los objetivos comunes.

Precisamente, una adecuada distribución de roles (circunstancia que, a veces , se produce espontáneamente) facilita el cumplimiento de las normas y la locomoción hacia el objetivo dentro de un clima cómodo y gratificante. El desempeño de roles es, por ese motivo , uno de los temas clave en la psicología de los grupos en acción.

Ello significa, como ya se ha dicho ,que a través del empleo de estas Técnicas, se ponen al servicio de las metas grupales las destrezas y capacidades de los participantes con el intento de que sean aprovechadas al máximo de sus posibilidades. Es fácil deducir que de esta manera se ponen en común todos los recursos individuales que adquieren, en ese momento un valor distinto al convertirse en grupales; reforzando entonces los sentimientos de cohesión y pertenencia.

No obstante, esto no siempre sucede sin roces ni ajustes más o menos difíciles. Aunque en el grupo los aspectos emocionales pueden tener una dimensión más equilibrada cuando los miembros se conocen y se respetan. Esto sucede cuando se ha establecido adecuadamente una comunicación fluida y satisfactoria. Con ella, y con la cohesión que genera un buen espíritu de equipo, se pondrá establecer una locomoción eficaz hacia los objetivos propuestos.

3.2.- Elementos que intervienen en el grupo de trabajo.

Hay tres elementos fundamentales en relación con la actividad grupal: se trata del líder, no tanto como persona sino como uno de los roles básicos, una de las posiciones estructurales que no pueden faltar; de la organización que es la que permite una funcionalidad eficaz y, finalmente, de los miembros del grupo en tanto que el colectivo que actúa. Son los puntales que sostendrán la actividad grupal.

En primer lugar hay que considerar al líder como elemento soporte y de motivación del

trabajo del grupo. No debe olvidarse, a este respecto, que el líder personifica ante el grupo a los objetivos hacia los que se encamina y que su misión es la de satisfacción para el logro de esos objetivos sea posible. Por lo tanto puede afirmarse que todo lo que se aplicó al papel de la coordinación del grupo, pertenece asimismo al concepto de líder:

- Posee un sistema de valores propio,
- Demuestra confianza al grupo,
- Acepta al grupo y se sabe aceptado por él,
- Tiene capacidad para tomar decisiones,
- Sabe motivar al grupo en situaciones difíciles.

Después en un segundo término, se debe atender a la organización estructural y normativa del grupo porque es otro de los elementos constitutivos que van a crear el marco general para los procesos grupales

- Se ha logrado la estructura deseable para el grupo,
- Los objetivos están bien determinados,
- Se han de limitado los problemas a considerar,
- Las actividades están organizadas racionalmente,
- El trabajo se distribuyó según las aptitudes de cada uno,
- Está previsto el sistema de evaluación.

En tercer lugar, aunque no con menor importancia, conviene estudiar a los miembros del grupo. Ellos, según sus características y actitudes y a través del desempeño de los distintos roles, generados durante el desarrollo del trabajo, constituirán al éxito de las tareas o dificultarán el logro de los objetivos:

- Han comprendido y aceptado los objetivos a alcanzar,
- Tienen conciencia clara de la relación con el líder,
- Tienen interés por la tarea a desarrollar,
- Mantienen un proceso equilibrado de dependencia/independencia,
- Comparten sentimientos de cohesión y respeto al grupo,

– El clima humano y el ambiente de trabajo son adecuados.

Por último y en cuarto lugar, entre los elementos que intervienen en la actividad grupal conviene considerar un matiz de tanta importancia como la dimensión lúdica que tienen las Técnicas de Grupo. Este aspecto, no solamente no es negativo sino que al contrario, puede ser uno de los determinantes principales del éxito en su aplicación al logro de cualquier tipo de objetivo. Todas las experiencias en este campo destacan en el papel del juego como instrumento privilegiado para trabajar con los grupos, por su utilidad en el descubrimiento, explicación y evaluación de necesidades y dificultades emocionales ,su valor como estímulo a la creatividad y su oferta como recurso motivador.

El plantear el trabajo activo con Técnicas de Grupo bajo una denominación genérica de "juego" facilita una libertad en las expresiones de la propia persona que nos aparece de otra forma. Y no por ello, si se ha planteado bien, se van a dejar de desarrollar las tareas ni de conseguir los objetivos. Quizás lo más importante de la utilización de concepto "juego" (con el significado de permiso para sentir y expresar emociones y de actuar con serenidad y sinceridad al mismo tiempo) sea el hecho de hacerle perder su caracterización de insustancialidad, de ser algo sin valor ni transparencia. Como bien afirma el dicho popular.

el juego es una cosa divertida;

lo contrario de lo divertido es lo aburrido;

una cosa divertida puede ser seria e importante,

lo que nunca será es aburrida .

La Psicología Evolutiva estudia la importancia del juego para los niños y analiza cuán en serio se toma la infancia sus tareas lúdicas. Nunca una persona puede estar más abstraído y concentrado que los niños cuando juegan. Porque así es como realmente desarrollan sus potenciales afectivas y cognitivas y experimentan sus capacidades de convivencia y sociabilidad.

Los adultos, a su vez, pueden y deben seguir los recursos lúdicos para estos mismos objetivos, ya que si bien han terminado sus procesos de crecimiento, pueden seguir profundizando y perfeccionando esas mismas dimensiones.

La caracterización lúdica de las técnicas empleadas en las actividades de dinámica de grupos, ayuda a evitar que el grupo se convierta en una estructura demasiado formal, intelectual o estereotipada; perdiéndose la capacidad de reflexión, Y afirman.

"El juego ayuda a probar nuevas formas de ser".

No obstante, es necesario saber que estilo o modalidad de juego que se introduzca

debe resultar lo suficiente flexible como para permitir la interacción de los integrantes del grupo, sin estar delimitados por normas excesivamente rígidas. Debe potenciarse, asimismo, la autonomía y la independencia del coordinador para que siempre pueda adaptar su uso a las características del grupo y del objetivo, por encima, incluso, de la reglamentación de la técnica en cuestión.

EL JUEGO COMO RECURSO TÁCTICO

- Hace disminuir la rigidez
  - Facilita la comunicación
  - Libera la expresión de emociones
- Crea una atmósfera favorable
  - Aumenta la participación individual
  - Ayuda la consolidación del grupo

"El juego es siempre una experiencia creadora y el individuo sólo puede descubrir su personalidad cuando se muestra creador"

3.3.- Efectos y posibilidades de las técnicas grupales

La regla básica del trabajo de equipo es la que supone conjugar la afirmación de sí mismo con la adaptación al grupo. Precisamente, este cuidado y mantenimiento de la personalidad de los miembros es lo que confirma la diferencia entre el grupo como unidad psicosocial y cualquier otro tipo de agrupación en la que la individualidad corra el riesgo de diluirse.

Por lo que se refiere a la calidad de los efectos que produce, la Dinámica de Grupos en su aplicación práctica, es decir, la realización de técnicas, tiene un amplio abanico de efectos que, se mueve entre dos polos:

1. ***Eficacia*** ,en el sentido de lograr la mayor productividad en el logro de los objetivos propuestos. La eficacia se relaciona también muy directamente con el desarrollo de las destrezas y habilidad de cada uno de los miembros. Ellos, por su parte, han de ser conscientes de su deber de poner al servicio de los objetivos grupales sus capacidades y saberes (espíritu de equipo).

Para lograr una eficacia adecuada es conveniente hacer prácticas sobre el enfrentamiento a los conflictos, su prevención o su solución. Se trata de trabajar sobre el logro y el aprendizaje, por lo cual en este polo se situaría la dimensión de estrategia y economía de esfuerzo.

2. ***Satisfacción***, para que cada persona del grupo pueda mantener (o incluso alcanzar si no la tuviese) su integración y equilibrio. Pero, además, puesto que también existen en el grupo emociones colectivas es necesaria la satisfacción de todo el grupo en tanto que tal. Cuando se trabaja en este sentido, lo importante es la madurez emocional tanto en lo individual como el grupal. Así como la socialización positiva ,eliminando todo tipo de estereotipos y de actitudes negativas. Con ello se pretende la liberalización de todas las potencialidades que el grupo y cada uno de sus miembros pueda actualizar. Puede afirmarse,,por lo tanto, que en este tipo de ejercicios el grupo se convierte en motor para la mejora personal de la calidad grupal.

Aunque existen técnicas muy específicas para cada uno de estos dos extremos, eficacia y satisfacción, es importante hacer notar que, cuando se ponen en práctica, sus efectos pueden ser más amplios de lo que está simplemente determinado en el diseño previo. Especialmente, en las técnicas que se orientan a desarrollar un trabajo productivo en torno al logro de los objetivos, se produce también un resultado de satisfacción a causa del efecto de retroacción evaluativa.

Las Técnicas destinadas a los aspectos concretos de satisfacción, son bastante más especificas .Es decir, no producen por sí mismas efectos de tarea porque se dirigen a la estructuración emocional del grupo, cuando peligra el equilibrio general o se perciben problemas en uno o varios miembros. No obstante, estas técnicas deben ser utilizadas por el grupo no sólo en las situaciones mencionadas sino en relación con los momentos de malestar que dificultan el desarrollo de las tareas: cansancio, estrés, conflicto… (normalmente es el coordinador el que advierte su necesidad y pone en marcha su realización).

Son problemas, casi siempre socioemocionales, que aparecen a menudo en el grupo, principalmente por dos tipos distintos de causas, pero relacionadas entre sí. La primera es el normal desgaste producido por la interacción y la convivencia y la segunda, que suele agravar a la primera, es el agotamiento producido por el trabajo hacia el objetivo, especialmente si no está bien organizado o si el liderazgo sólo se centra en las tareas, sin atender a las necesidades afectivas de los miembros y del grupo como tal unidad .Cuando las Técnicas de satisfacción se aplican para resolver tales situaciones ,se puede hablar de “mantenimiento”del grupo ya que se trata de revisar, reconducir, reajustar los adecuados niveles de interacción de forma que se mantenga el grupo en condiciones óptimas.

Haciendo una presentación sistematizada de todo lo expuesto anteriormente referido a los efectos del uso de las Técnicas grupales, en el cuadro adjunto se han detallado los aspectos tanto de la personalidad individual como del dinamismo grupal, que se ven favorecidos con su uso.

ASPECTOS QUE FAVORECE EL EJERCICIO DE TÉCNICAS GRUPALES	
a) del desarrollo individual y grupal	Pensamiento divergente Capacidad de expresión Cambios de actitud Cambios de motivación Posibilidades de acción
b) de la tarea	Productividad Generalización del Conocimiento Expresión de puntos de vista Evaluación citrica
c) de la satisfacción	Espíritu de equipo Escuchar y sentirse escuchado Respeto al otro Compromiso

Es importante destacar cómo en este cuadro se hace una alusión directa al desarrollo personal de los miembros y a su relación con el ejercicio de técnicas. Esta es una de las más notables características del trabajo grupal: la de potenciar y subrayar las dimensiones propias de las personas que conforman el grupo, contribuyendo a su mejora y realización personal.

Se han utilizado a lo largo de estas líneas, términos como eficacia, productividad, madurez del grupo. Teniendo en cuenta que, en Dinámica de grupos se debe tender hacia la madurez personal y grupal, cabría preguntarse si existen criterios que permitan a la persona que coordina saber si está frente a un grupo con tales características.

Un grupo maduro, productivo, es aquel que, dentro de un marco de valores democráticos, llega a sus metas con un máximo de eficacia y un mínimo de tiempo y esfuerzos invertidos, logrando también una satisfacción suficiente.

Autores como Beal y otros (1985), proporcionan una lista de indicadores según la cual un grupo maduro:

1. Reconoce los valores y los inconvenientes de los procedimientos democráticos.
2. Logra un alto grado de intercomunicación eficaz,
3. Tiene claro sus propósitos y metas,
4. Reconoce que los medios deben ser armónicos con los fines;
5. Asegura la difusión de las responsabilidades y la participación en ellas,

6. Tiene la habilidad de descubrir los ritmos de fatiga, tensión, de atmósfera emocional, etc. y de tomar medidas para trabajar con ellos,

7. Tiene un alto grado de solidaridad pero sin invadir la intimidad de cada uno,

8. Encuentra un equilibrio óptimo entre las conductas cooperativas y competitivas de sus integrantes.

9. Consigue una buena armonía entre el empleo de métodos establecidos y una buena disposición al cambio.

10. Compensa adecuadamente la dimensión emocional con la racional.

No obstante, esta enumeración debe entenderse más como un intento de promover la reflexión sobre un tema que como un intención de facilitar un recetario cerrado y sin posibilidades de ser adaptado a cada grupo especifico.

3.4.- La dirección de reuniones como técnica grupal

Los estudios de carácter grupal han incidido sobre dos vertientes principalmente: estudios del grupo desde un punto de vista dinámico (su formación ,estructura y características de funcionamiento) y estudios del grupo de trabajo desde el punto de vista de locomoción hacia un objetivo y la consiguiente productividad. Dentro de este último campo cabe distinguir las reuniones de trabajo propiamente dichas que favorecen la participación, de las que se puedan llamar comisiones ejecutivas- típicas del mando colegiado – que favorecen sobre todo la coordinación.

> El análisis de problemas y planteamiento de soluciones mediante intercambios verbales de ideas y experiencias por un grupo de personas reunidas en régimen de trabajo. O dicho de otra forma una técnica de reflexión en común sobre un problema dado, con vistas a establecer una acción de solución.

Así pues, un caso específico en la actividad grupal y su coordinación es la celebración de “reuniones de trabajo” que, evidentemente, deberán estar dirigidas por alguien que sepa hacerlo, normalmente el coordinador. Merece la pena conceder a esta dirección de reuniones una mención especial por ser una situación frecuente ya que existe una proporción más alta de grupos de trabajo que de grupo puramente terapéuticos.

Las aplicaciones de la reunión de trabajo como técnica grupal puede ser analizadas tal como muestra el esquema siguiente :

@ **Como medio de actuación del sistema de liderazgo compartido:** Favorece máximamente la participación del personal, incrementado asimismo su formación y sentido de responsabilidad. Mejora la calidad de las decisiones mediante la aportación de las distintas experiencias personales sobre el tema y desarrollan

la capacidad analítica e interrogante de los asistentes. Aumentan la aceptación de las decisión y , es escuela de jefes futuros.

@ **Como medio de información y coordinación.** Facilita el conocimiento mutuo de los problemas de la organización. Pone de relieve defectos y cuestiones facilitando su tratamiento adecuado. La información o exposición de asuntos, motivos o problemas se hace más eficaz, ya que llega a conocimiento de los interesados de forma menos escueta que en simples comunicaciones poco explícitas. Ayuda, por lo tanto, a conocer mejor las dificultades de los demás y sus puntos de vista sobre el tema a tratar.

@ **Para mejorar las relaciones humanas en los grupos** y sobre todo para corregir o potenciar positivamente, en su caso, las actitudes, frustraciones, motivaciones, estados de moral ,etc. del grupo en cuestión.

Por otra parte, la dirección de reuniones es una situación que puede hacer elevar la tensión emocional del coordinador si no la domina bien ya que el desarrollo de una reunión de trabajo plantea un alto nivel de exigencias tanto cuantitativas y puntuales (conocimiento de las técnicas especifica), como cualitativas y socioemocionales (en lo que se refiere a su presencia personal y sus actitudes hacia el grupo y sus miembros).

El rol del coordinador de reuniones es también específico. Dirigir una reunión supone: fijar previamente unos objetivos concretos, matizar funciones, atender a un desarrollo temporal y, en función de estos tres elementos, coordinar a los participantes en la sesión.

Se confía a un coordinador o animador el cuidado de canalizar las reflexiones y las ideas de los participantes, haciéndoles seguir un cierto camino que no es ni más ni menos que el del pensamiento lógico: todo el secreto del éxito consiste en la preparación cuidadosa de un esquema de reflexiones que sirva para suscitar las ideas, sin olvidar ningún aspecto de la cuestión, y que conduzca lógicamente a la conclusión.

El coordinador facilita el esquema a través del cual debe desenvolverse el pensamiento del grupo, pero debe cuidarse de no tomar partido. El grupo, por su parte, con un programa ya preparado, llega más fácilmente a discernir la cuestión, a analizarla y a crear por sí mismo los elementos que conduzcan al fin buscado.

Se podría describir hasta cuatro roles a desempeñar por el coordinador para hacer más eficaz una reunión:

1. Rol del Clarificador
2. Rol de Regulador
3. Rol de Relacionador

4. Rol de Motivador

Podríamos afirmar, igualmente, que estos roles son los que hacen que el coordinador sea una persona que va más allá del mero "marcar objetivos" o "fijar tiempos" convirtiéndose en el dinamizador de la actividad del grupo durante la sesión, manteniendo vivo el espíritu de equipo y facilitando el marco estructural necesario para que la reunión sea productiva.

Clarificar lo vamos a entender como la posibilidad de explicar y detallar todos aquellos puntos que pudieran crear dudas o confusión. En un primer momento, es básico asegurarse que se conocen el tema, los objetivos y el problema a resolver. En muchas ocasiones, por ejemplo, se conocen y aceptan tanto temas a tratar como objetivos marcados. Sin embargo, no para todos los participantes reunidos el problema a resolver es el mismo. Es evidente que esta situación frena las posibilidades de resolución. Por tanto, la tarea del coordinador sería la de subrayar, reformular, situar… con el fin de asegurar que todos utilizan el mismo "código". Son muchos los autores que consideran que no es viable la comunicación grupal si no se maneja el mismo código. Se considera que la única forma de comunicarnos con las personas con las que trabajamos es conociendo su "universo vocabular ".

Regular lo vamos a definir como fijar procedimientos. Es bien la importancia de compartir unas normas que, con toda claridad, enmarquen, sostengan o sean la referencia tanto de métodos como de medios o de tiempos o de las interacciones que se produzcan. Por tanto, será la tarea y responsabilidad del coordinador conseguir que las normas queden explícitas y consensuadas. La importancia de este rol queda subrayada si se tienen en cuenta las palabras "Las normas se tornan factores importantes en la determinación del nivel de rendimiento de cada miembro como también del grupo como totalidad ".

Relacionar lo entendemos como sinónimo de facilitar. Durante el transcurso de una reunión suelen surgir conflictos, suelen lanzarse muchas ideas, a veces se manifiestan antagonismos personales…La tarea del coordinador consistiría en crear un clima de confianza, unir ideas que, en principio, pueden ser contrarias pero que tienen puntos en común, resumir…Si el clima entre participantes se carga de tensión, ayudar a que se analicen las ideas expuestas y la carga emotiva adicional. Esta función también está muy relacionada con relajar, con ser una persona empática. El coordinador de una reunión debe estar atento a los momentos de puro cansancio porque estos pueden generar una agresividad innecesaria. Contemplar la necesidad de establecer las pausas suficientes. Las posibilidades de descanso del grupo, son muy importantes para la eficacia de la reunión.

Motivar lo definimos como la capacidad de dinamizar al grupo. Es un tarea que

debe presidir desde el principio al final el desarrollo de la reunión. Tiene que ver con ayudar a que el propio grupo sienta deseos de realizar una tarea, que quiera hacerla. También es muy importante que el propio coordinador sienta esta necesidad. Si no es así, difícilmente se podrá contagiar al grupo.

Cuando llega el momento de poner en práctica una reunión de trabajo es absolutamente indispensable una preparación minuciosa de su desarrollo, con cuidado especial a todos los pasos, incluyendo antecedentes, es decir, los detalles previos, y consecuentes, es decir la evaluación y el feed back correspondiente. De esta preparación depende en gran parte el éxito del grupo.

Si la preparación se ha hecho bien, su desarrollo no debe presentar ninguna dificultad. Los principios generales son válidos en todos los casos, y sólo algunos pequeños detalles varían de unos a otros. Como una muestra orientativa, se ofrece a continuación el guión de una ficha para preparar una reunión de trabajo. Es un modelo general que cada uno puede adaptar a situaciones concretas.

A) PREPARACIÓN:

1. Hacer un esquema.

- < Tema y objetivo a conseguir
- < Puntos a resaltar. Consecuencias y soluciones posibles.
- < Asistentes probables y sus características.

2. Plantear la reunión.

- % Programa: qué se dirá y cómo se dirá.
- % Horario a mantener.
- % Prevenir información adicional.

3. Prevenir los detalles.

- ± Lugar, hora, materiales de apoyo.
- ± Citaciones e información precisa.
- ± Comodidad en el ambiente físico.

B) CONDUCCIÓN Y DESARROLLO:

1. Iniciación

- Comienzo puntual y amistoso.
- Exposición del objetivo de la reunión.
- Anunciar los puntos de discusión y el modo de llevarla.

2. Presentación del tema a tratar.

- Concretar los hechos y lanzar la discusión.
- Hacer participar a todos.
- Estimular, sugerir y preguntar. Coordinar los puntos de vista.
- Mantenerse en el tema y en el horario.

3. Conducción a la discusión.

- Animarla y fomentar la cordialidad.
- Pedir colaboración y repartir responsabilidad.
- Usar adecuadamente las ayudas e información preparadas.
- Conducir “deportiva, firme y amablemente”.

4. Resumen y clausura.

- Enumerar los acuerdos o decisiones logrados.
- Obtener plan de acción y responsables.
- Fecha de la nueva reunión, si se precisa.

C) EVALUACIÓN Y FEED-BACK:

1. Evaluar las tareas realizadas en la reunión.

- El proceso.
- Los resultados.
- Análisis y balance de aciertos y errores.

2. Promover la actuación posterior.

(Seguir el curso de la decisiones adoptadas.

(Informar a los interesados.

(Controlar la ejecución de lo prometido.

(Agradecer la colaboración.

4.- CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN Y USO

4.1. La clasificación de las técnicas de grupo.

El intento de elaborar un repertorio, una lista o relación en la que se ofrezca la mayor cantidad posible de "*fichas de trabajo*" para poner en práctica juegos o técnicas tiene siempre una doble matización: en primer lugar por lo que se refiere a la cantidad de fichas, de técnicas que se elaboren y en segundo término, por lo que respecta a los criterios que guíen la clasificación y la forma en que se organice el repertorio.

Por lo que se refiere a la cantidad, es conveniente disponer de un número de fichas amplio pero razonablemente manejable e incluso memorizable. Aunque siempre se podrá decir que faltan algunas, el propio coordinador puede improvisar o elaborar aquella técnica o juego que a su juicio necesita poner en práctica el grupo. Y es que la coordinación de grupos es un tipo de actividad en la que la iniciativa personal y la adaptación a cada situación dan permanentemente origen a técnicas nuevas o a modificaciones de las ya existentes.

En cuanto a la clasificación, la elección de criterios a seguir representa un serio problema para cualquier intento de organización sistemática. Resulta difícil encontrar, entre tantas posibilidades, aquella que sea suficiente para estructurar un repertorio válido para el mayor número de grupos y de actividades grupales.

De entre las numerosas posibilidades de clasificación, se exponen a continuación algunas de las más adecuadas al manejo de grupos de formación y aprendizaje que son los típicos de las actividades de intervención psicosocial: Trabajo docente, animación sociocultural, etc.

Son clasificaciones que se refieren a los tres aspectos más generalmente objetivables de entre los determinantes de los grupos en acción:

a) El tamaño del grupo (según la cantidad de miembros que lo integran)

b) La participación de personas ajenas al grupo que están presentes en

todas o algunas de las sesiones de trabajo a causa de su erudición o sus destrezas, es decir, en calidad de "Experto". No se incluye al coordinador que siempre estará con el grupo.

c) Los efectos que el desarrollo de la técnica en cuestión produzca en el grupo, en los miembros o en su entorno social próximo.

a) *Según el tamaño del grupo*

Una posibilidad bastante aséptica y generalizada en la de presentar las Técnicas agrupadas según la cantidad de participantes necesaria para su desarrollo ya que el tamaño del grupo va a determinar en gran parte el tipo de actividad. Así se establecen actividades de **"Gran grupo"**, de **"Grupo mediano"** y de **"Grupo pequeño".**

En las actividades de gran grupo, es necesario prever un ambiente físico muy adecuado y en ellas siempre debe haber, al menos un dirigente o coordinador, cuando no varios, que se cuiden del control de la realización. El grupo grande, a causa de su tamaño, es bastante pasivo, siendo sus principales actividades las de recibir información y la de contribuir a la toma de decisiones mediante el voto. Ocasionalmente puede intervenir a través de un coloquio con el experto. Ejemplos de estas técnicas pueden ser el **foro** o la **conferencia.**

Existen otras actividades de gran grupo que no son realmente Técnicas de Dinámica de Grupos. Pueden citarse como ejemplos los Congresos, Asambleas, Convenciones, etc.

Las actividades de grupo mediano son muy adecuadas para grupos de acción social, tipo "asociación de vecinos", así como para vida de las aulas ya que el número de alumnos de una grupo - clase, al menos en las Enseñanzas Primaria y Secundaria, es el prototipo de este grupo. Técnicas para estos grupos son, por ejemplo, el **debate**, la **discusión dirigida**, el **coloquio**, la **mesa redonda**, y muchas otras que tienen como características común el hecho de un mayor protagonismo y responsabilización del grupo. Gracias a esta circunstancia el grupo puede llegar, a través de un proceso de maduración y enriquecimiento cualitativo, a funcionar en determinadas ocasiones de forma autogestionada sin un dirigente o coordinador exterior.

El grupo pequeño, por su parte, puede realizar un gran número de Técnicas de Dinámica de Grupos, puede decirse que todas, ya que, según las perspectivas psicosociales, es el que mejor se adecua por su tamaño a la definición científica de grupo. Esto quiere decir que una vez que un grupo pequeño está bien estructurado y cohesionado puede realizar muy bien a todos los tipos posibles de trabajo grupal con los mejores pronósticos de mejora colectiva y de perfeccionamiento personal de sus miembros.

Ejemplos muy típicos de Técnicas para este tipo de grupos pueden ser la **comisión y**

sus variantes, (Estudio de documento técnico, Discusión de gabinete, Técnica del riesgo, Estudio de caso, Comités específicos…), el **seminario de trabajo** tan propio de los ambientes universitarios, el **brainstorming,** muy útil en niveles organizacionales, etc.

b) *Según la participación de "Expertos"*

Hay otro criterio clasificatorio muy importante referido a la calidad del trabajo a realizar en cada Técnica. Precisamente para lograr esa calidad a veces el grupo (teniendo o no un dirigente o coordinador) se ve necesitado del apoyo de un experto en el tema en que se trabaje. Como es lógico, la presencia de unos o varios expertos enriquece mucho no solo al producto final del trabajo del grupo sino al grupo en sí mismo y en sus niveles de formación y aprendizaje, lo cual es muy digno de ser tenido en cuenta cuando se utiliza el trabajo grupal en la vida docente o se emplean las técnicas para la constitución o el perfeccionamiento del grupo.

De acuerdo con este criterio, se anotan a continuación algunos ejemplos distinguiendo entre las técnicas en las que hay presencia directa y actividad predominante de expertos y aquellas otras en las que, aun con presencia de expertos, participa activamente todo el grupo.

b.1 Técnicas con actividad predominante de los expertos:

- Entrevista pública
- Simposio
- Mesa redonda o Panel

b.2 Técnica en las que, además del experto, participa activamente todo el grupo:

- Diálogos simultáneos
- Coloquio / Discusión dirigida / Debate
- Grupos pequeños de discusión o estudio / /Seminarios
- "Brainstorming" o torbellino de ideas
- "Role - Playing" o Dramatización
- Comisión o grupo de trabajo
- Foro (tras una actividad previa: conferencia, película, etc.)

c) *Según sus efectos en el grupo: la satisfacción de las personas y eficacia de las tareas*

La tercera posibilidad a la que se ha aludido está relacionada con el efecto que produce tanto en el grupo como en sus miembros el hecho de ejercerse y trabajar con técnicas. Es un tipo de clasificación muy amplio y que puede englobar a los otros dos criterios citados anteriormente.

Para el logro adecuado de los objetivos, el grupo a de adquirir destrezas y habilidades orientadas al trabajo grupal tales como la toma de decisiones o la definición de normas. También hay que realizar aprendizajes específicos como, por ejemplo, los destinados a evaluar los procesos y los productos de su acción. El hecho de trabajar y madurar en grupo las ideas y las actividades, enriquece la posibilidad y los frutos finales. Así lo que se logra, tanto durante las actividades como en tareas ya realizadas, es lo que se ha vivido en la práctica y no simplemente lo enunciado o memorizado de forma teórica.

Ahora bien, aunque es cierto que todas las actividades de un grupo se suelen dirigir hacia el exterior para el logro de objetivos previamente determinados, es decir las tareas, siempre que comienza su trabajo, y después en numerosas ocasiones, el grupo ha de volverse sobre sí mismo y atender a sus propias necesidades socioemocionales buscando la satisfacción.

Porque, además, sólo si el equilibrio afectivo tanto del grupo como de cada uno de sus miembros es satisfactorio se podrá trabajar a gusto y con una productividad suficiente. Aspectos importantes en esta línea de mantenimiento de la salud mental son la liberación de tensiones, la atención al excesivo cansancio, el cuidado de la imagen personal - autoconcepto y autoestima -, etc.

Teniendo en cuenta todo esto, las Técnicas grupales se emplean para las dos funciones fundamentales que ha de desarrollar un grupo que trabaja por un objetivo: lograr una adecuada **satisfacción** y tonalidad emocional, y estructurar correcta y eficazmente sus **tareas** de locomoción hacia el citado objetivo.

c.1 Las técnicas de satisfacción orientadas a lograr la satisfacción y el equilibrio socioemocional tienen la finalidad de aminorar las tensiones y facilitar la creación de un clima óptimo para el desarrollo grupal. Dentro de este conjunto se plantean ejercicios o juegos para los primeros momentos en los que lo importante es conocerse mutuamente y presentar una adecuada imagen personal.

Pero una vez que el grupo comienza su andadura, el desarrollo de las actividades grupales requiere también técnicas con las que potenciar las vías de comunicación. Existe en ocasiones un miedo específico a perder, dentro del grupo, la identidad personal y quedar atrapado en la dependencia del interés grupal. Por todo ello, tanto en los niveles individuales como grupales hay que practicar con técnicas destinadas a mejorar las relaciones y prever posibles conflictos y bloqueos.

Por lo tanto, el bloqueo de *Técnicas de satisfacción* queda organizado según el siguiente esquema:

1. Para conocerse:

1.1) Fase inicial.

1.2) Mejora del conocimiento mutuo

1.3) Presentación y cuidado de la imagen personal

1.1 Para establecer y mejorar las relaciones:

0.1) Comunicación grata y eficaz

0.2) Asunción y desempeño de roles

c.2 Las técnicas de tarea se ponen en juego para promover la estructuración, organización y realización de las actividades que ocupan al grupo. Son instrumentos facilitadores del trabajo y por ello van a indicar muy directamente no sólo en el rendimiento de ese trabajo sino también en la dinámica interna del grupo. A través de ellas se puede estimular la necesidad de colaborar, de sentirse acompañado y acompañante de la tarea en común.

Se centran en el trabajo y en las mejores condiciones para desarrollarlo. Así, después de plantearse juegos y ejercicios para la organización se pueden practicar técnicas que potencien la toma de decisiones, un elemento clave en la efectividad de la acción grupal.

Por último, hay técnicas que sirven directamente para abordar el trabajo y el tratamiento de los problemas que surgirán mientras se realiza.

En consecuencia, el bloqueo de *Técnicas de Tarea* ha sido estructurado según el siguiente esquema:

1. Ejercicios de organización:

A) Para la definición de objetivos

B) Para el establecimiento de normas

C) Para la evaluación del rendimiento

2. Ejercicios para la toma de decisiones:

A) Juegos cooperativos

B) Decisiones por consenso

3. Ejercicios para trabajar sobre contenidos / problemas:

A) Con ayuda de expertos

B) Sin participación de expertos

Todas estas actividades, así como otras muchas no reseñadas aquí, se han de usar sometiéndolas a las necesidades y objetivos del grupo. No se debe olvidar, que aun respetando su estructura y sus características, las Técnicas grupales son instrumentos de trabajo que deben subordinarse a la situación y no al contrario. Nunca se insistirá bastante en la autonomía con la que tiene que actuar el coordinador, teniendo siempre presente que lo importante es poner las técnicas al servicio de las necesidades del grupo.

Por otra parte, esta relación es meramente indicativa y en la Bibliografía al uso se pueden encontrar numerosas colecciones de actividades grupales con todas las indicaciones necesarias para su correcto desarrollo. Es importante tener en cuenta, sin embargo, que para una utilización correcta de las Técnicas grupales resulta imprescindible que la persona que se encargue de la coordinación posee un conocimiento teórico básico de la aproximación psicosocial y una mínima preparación y experiencias prácticas. De lo contrario, pueden producirse efectos improcedentes, no esperados y poco agradables.

4.2 Uso correcto de las técnicas de grupo

A partir de estas circunstancias, para poner en práctica el trabajo grupal hay, además, toda una serie de condiciones previas que no deben dejar de ser tenidas en cuenta. Las más importantes se examinan a continuación:

@ *Objetivos a conseguir.* El conocimiento de estos objetivos es fundamental porque según sea el fin propuesto, habrá que emplear una u otra clase de técnicas. Si un grupo, por poner un ejemplo, ha de preparar un proyecto, se planteará estrategias distintas a la que ese mismo grupo emplearía si, en un momento determinado se encuentra que tiene que resolver luchas internas por el poder.

@ Madurez, entretenimiento y nivel cultural del grupo. Es el segundo puntal sobre el que hay que basar la utilización de las técnicas grupales. Un grupo que inicia su andadura y apenas conoce las formas de trabajo cooperativo, tendrá que ser guiado con mucha más delicadeza y atención que un grupo con cuyos miembros

están ya avezados en todo tipo de tareas cooperativas. Este último puede rendir mucho más intensamente tanto en sus dimensiones de dinámica interna como en la locomoción hacia sus objetivos externos.

@ *Tamaño del grupo y características individuales de los miembros.* El número de miembros de un grupo es, como ya se ha visto, una de las condiciones que más determinan el tipo de técnica que se puede desarrollar para que sea efectiva. Y junto a ello, se debe considerar el sexo, edad, tipo de personalidad, etc. que caracteriza individualmente a los participantes. Además, no se puede olvidar que las experiencias de pertenencia a otros grupos y la historia personal íntima que puedan tener cada uno de los distintos miembros, condicionará muy posiblemente la marcha del grupo en el que se integran.

@ *Aspectos sociales y culturales del entorno.* Es este un elemento que tiene mucha importancia, sobre todo en los grupos cuyos contenidos son culturales o académicos. Ejemplo típico es el de los grupos que se mueven en el mundo docente pero también atañe a grupos que trabajan fuera del sistema educativo formal, como es el caso de la animación sociocultural.

@ *Espacio y tiempos de los que se dispone.* Estos datos que se refieren, sobre todo, al ambiente físico donde va a desarrollarse el trabajo grupal, merecen una cierta atención. No es igual un lugar de reunión grande o demasiado pequeño; frío o con moqueta, por poner un ejemplo. El lugar (espacio, iluminación, mobiliario, etc.) conforma de tal manera al grupo que cuando se ha de cambiar por alguna razón, éste se resiente. También se debe atender a la cuestión temporal. Sesiones de trabajo cortas propician la búsqueda de soluciones concretas a problemas y cuando son más largas llevan a más intimidad entre los participantes.

Como base y sustento de todas estas condiciones hay que situar la **formación y experiencia** de la persona que coordine las actividades. Habrá que poseer una personalidad madura y equilibrada junto a un suficiente grado de conocimientos teóricos y prácticos sobre la Dinámica de Grupo y sus aplicaciones. La vida y el trabajo activo de un grupo suponen un amplio complejo de fenómenos tales como estructuras, normas, liderazgo y autoridad, dependencia y autonomía, etc., que deberá conocer bien para poder facilitarle su camino hacia las metas propuestas.

Por todo ello, un desarrollo efectivo del trabajo por medio de técnicas grupales exige en la función de coordinación:

1. Un conocimiento teórico de los presupuestos básicos de la Dinámica de Grupos punto ya mencionado sobre el que no hace falta insistir más.

2. Un conocimiento práctico de las técnicas a emplear: sus indicaciones, sus posibilidades y sus riesgos. Sólo habiéndolo experimentado por sí mismo podrá

el coordinador situarse en una posición empática con respecto a los miembros.

3. Una formulación correcta y clara de los objetivos que el grupo persigue, a la vez que una formulación correcta de las instrucciones. Este es un requerimiento imprescindible porque muchas veces, el no ofrecer una consigna clara enturbia el procedimiento y, lógicamente, modifica de forma negativa el resultado.

4. Creación y mantenimiento de un clima cálido para las relaciones personales y de facilitación para el desarrollo de la tarea. Es el principio de feed-back entre satisfacción y tareas.

5. Un estilo de liderazgo de liderazgo flexible y participativo para potenciar la madurez y desarrollo personal de grupo. En ciertas ocasiones ello requerirá que el propio coordinador "demuestre" cómo se puede "jugar": jugando, incluyéndose, como uno más si es preciso. Fundamentalmente esto es necesario en grupos que empiezan o que arrastran una carga de preocupación o sentimientos de culpa que les pueden llevar a la posibilidad de sentirse juzgados.

6. Aclarar y explicitar situaciones, emociones, etc., ya que al ver las cosas desde otra perspectiva, puede dar al grupo un nuevo punto de vista con el que enriquecer sus preparaciones.

7. Una consideración realista de las condiciones del entorno y de las características sociales y culturales del grupo y de las personas que lo integran.

Y finalmente, como punto de referencia obligado para el mejor encuadre de la acción grupal, la persona que coordina grupos deberá siempre tener en cuenta el siguiente marco funcional:

MARCO FUNCIONAL PARA LA COORDINACIÓN DEL GRUPO DEL GRUPO	
1.	Mantener siempre presente el objetivo
2.	Conocer la realización de cada técnica
3.	Conseguir el mejor

4.3 La selección y sus condiciones

Un aspecto de gran interés, pero que puede llegar a representar un problema para el coordinador de grupo, es el de la selección de aquellas técnicas que se han de poner en práctica en cada situación así como la consecuente estructuración de las sesiones de trabajo en las que estas técnicas se desarrollen. Porque, aunque es un hecho sabido que las Técnicas de Grupo tienen una amplia flexibilidad en cuanto a sus posibilidades

de aplicación, hay que resaltar, a la vez, el hecho de que esconden un alto potencial de riesgo si no se ha elegido bien. Una técnica no es un fin en sí misma sino un instrumento, una herramienta de trabajo, al servicio de un objetivo claro y definido.

Cualquier ejercicio grupal puede resultar beneficioso y productivo para el grupo que lo ejecuta pero también puede recibir sentidos muy diferentes y producir efectos no esperados. Por ello es necesario conocer su uso y sus alcances de forma que pueda ser empleado correctamente. Hay que deducir, en consecuencia que, aunque cada ejercicio por sus características tiene unas indicaciones, una técnica no es en sí misma ni buena ni mala, es su **aplicación** concreta en un aquí y ahora la que la hace efectiva o desastrosa.

¿Para qué se emplea una técnica determinada? ¿Cuáles son los objetivos a los que tender? La respuesta a estos interrogantes ha de hallarla el propio coordinador a la vista de las necesidades que perciba en el grupo. Según la orientación de Klaus (1986) se pueden describir las siguientes posibilidades que están encuadradas en las líneas ya descritas de eficacia en la tarea y satisfacción y mantenimiento de la salud mental y el clima emocional:

- Como *estimulo* a la participación activa y la aceptación de la temática del contenido propuesto. Es decir, se aplican para motivar al grupo hacia la reflexión y el trabajo eficaz.

- Para *superar problemas internos* y poder contrarrestar el normal desgaste producido por la interacción y la convivencia así como el agotamiento producido por el trabajo hacia el objetivo; especialmente si este no está bien organizado o si el liderazgo solo se centra en las tareas sin atender a las necesidades afectivas.

- Para *evaluar* la eficacia o la capacidad del grupo como colectivo en acción de forma que, al realizar un ejercicio grupal evaluativo, todos queden informados del resultado.

- Para *solucionar* un conflicto puntual, tal como el estancamiento en la locomoción hacia el objetivo o una dificultad de relación entre las personas que forman el grupo.

Una vez que se tiene claros los objetivos a lograr, a la hora de elegir una técnica o juego, hay tres parámetros que el coordinador ha de considerar:

1. Si la técnica es la adecuada para el objetivo que se persigue y, dentro de él, para una meta concreta.

2. Si se puede poner en práctica con "ese grupo" con sus peculiaridades concretas y las de cada uno de sus miembros.

3. Si él, como coordinador, se ve capacitado para presentarla al grupo, ponerla en práctica y controlar su desarrollo.

Posiblemente el criterio más importante para la elección de una u otra técnica es el que se refiere a la situación vital, al "momento" en el que se encuentre el grupo, bien dentro de su propio proceso normal de maduración, bien en la locomoción hacia un objetivo concreto. Porque evidentemente, no es igual un grupo que se inicia, en el que las personas que lo integran no se conocían con anterioridad, que un grupo que ya está cohesionado y tiene interés por trabajar y lograr sus objetivos. O que otro que, aunque maduro, se encuentre en una situación de bloqueo o improductividad.

Por otra parte, en el grupo pueden existir momentos donde lo interesante sea "la comunicación", o donde lo prioritario sea "conocer las expectativas" que tiene, o "cambiar roles" y saber "ponerse en el lugar del otro" para entender distintos puntos de vista, etc. De acuerdo, pues, con este criterio, en cada ocasión habrá que reseñar el oportuno esquema de trabajo con su repertorio de técnicas.

Finalmente y como resumen puede asegurarse, siguiendo a Beal (1985), que la mejor manera de evitar los peligros latentes en la selección de las técnicas a emplear es poseer un conocimiento global de las fuerzas que se mueven en los contextos internos y externos de cada grupo:

L La **dinámica propia** del grupo:

Tamaño, objetivos, normas, roles, esquemas de conducción.

L El **marco psicosocial** en que se encuadra:

La comunidad a que pertenece, el nivel sociocultural de sus miembros, sus necesidades, motivaciones e intereses…

A esto hay que añadir que cualquier técnica puede ser un fracaso si propone situaciones demasiado nuevas que amenacen con la pérdida de identidad de sus miembros; o, por el contrario, si son tan familiares que no promuevan ninguna situación de cambio. Debemos, pues, relativizarlas siempre y elegirlas ponderando todas las dimensiones citadas.

4.4 La primera sesión de trabajo de un grupo

No queremos dejar de hacer una mención especial a la *primera* sesión de trabajo que llevará a cabo un grupo, por la importancia que tendrá en su desarrollo posterior.

Quizá la relevancia que tiene esta primera sesión, está relacionada con esos sentimientos de incertidumbre y ansiedad (reacción paranoide, según Bleger, 1980) ligados al desconocimiento de lo que pueda suceder en una situación nueva y que, en

una moderada intensidad, resultan sanos y estimulantes:

"Sin ansiedad no se aprende, con mucha, tampoco. Para investigar, para trabajar, es necesario tener o conversar, siempre en determinada proporción, esa angustia adolescente frente a lo desconocido"

Ahora bien, si estos sentimientos son experimentados por cualquier persona que está formando parte de una actividad que comienza, por el mismo motivo también el grupo acusará la inmadurez propia del debutante. Y así es como pueden llegar a reforzarse los sentimientos de ansiedad individuales y grupales produciendo efectos negativos que un coordinador atento y preparado debe evitar.

La primera sesión es, también el momento en que aparecen (explícitamente formuladas o reservadas en el fuego interno de cada uno) preguntas como: ¿qué pasará aquí?, ¿me aceptaran como soy?, ¿podré mostrarme con naturalidad?…Como consecuencia, en estos primeros momentos, la persona coordinadora puede encontrarse ante otras personas que tienen bloqueada la atención por niveles más o menos altos de tensión interna y, por tanto, con un grupo que tiene aminorada su capacidad de escucha y participación: un grupo que no resulta eficaz.

Para usar cualquier clase de técnicas en esta sesión inicial y en las inmediatamente siguientes hay que plantearse ante todo su efecto en las emociones del grupo, orientándolas positivamente según se expone en el esquema adjunto:

PARA QUÉ	CÓMO USARLAS
▪ Desinhibir ▪ Desbloquear ▪ Caldear	▪ Progresivas en compromiso ▪ Adaptadas al grupo
o CONSECUENCIAS	Mayor receptividad Mejor disposición Nivel emocional adecuado

Es importante lograr una primera sesión interesante y salvar los momentos difíciles que, sin, lugar a dudas, son característica indiscutible de la iniciación de la vida del grupo (aunque haya muchas variaciones en el nivel de tensión, dependiendo de cada grupo).

Para ello es muy conveniente que el coordinador desarrolle estos cuatro pasos al comienzo del trabajo con un grupo:

1. Asegurarse de que el objetivo se comprende bien y es aceptado razonablemente por los miembros del grupo.

2. Facilitar que los miembros del grupo se conozcan y haya un ambiente de cierta comodidad.

3. Mostrar una conducta coherente y equilibrada. Con ello la confianza y la fluidez en el trabajo serán mejores.

4. Explicar cada técnica con su metodología y evaluación para que no haya dificultades de tipo funcional.

A la vista de las reflexiones anteriores, podría pensarse que el éxito de la iniciación de la vida del grupo va a ser exclusivamente un problema del coordinador, y no es así. La participación activa y la responsabilidad de lo que sucede en un grupo o es de todos o no es efectiva. Pero lo que sí podemos afirmar es que la consecución de la madurez del grupo, dentro de un clima de serenidad y actividad productiva, exige que se tengan muy bien delimitados los objetivos, y se conozcan a fondo las técnicas a aplicar. Y eso sí es tarea de coordinador; él debe, además, graduar el montón de tensión y elegir bien los momentos y las informaciones que se vayan a ir ofreciendo, para evitar que la ansiedad se haga masiva y lograr, por el contrario, que el interés y la participación sean cada vez mejores.

Una primera sesión bien estructurada y llevada con agilidad tiene la importante ventaja de eliminar ciertos recelos e inhibiciones, favoreciendo la integración en el grupo sin sentimientos de acoso ni de indefensión. Igualmente la iniciación al trabajo grupal, a través de una primera sesión interesante, es una poderosa fuerza motivadora si se logra relacionar las metas y necesidades individuales con las colectivas.

Así pues, en una primera sesión de trabajo, el coordinador deberá actuar:

< *Conociendo* bien el grupo que se está coordinando: sus aspiraciones y grado de homogeneidad; edad, formación cultural, profesional, etc. y características de personalidad de sus miembros, etc.

< *Iniciando* las sesiones con técnicas que no requieran, por parte de los integrantes, un gran compromiso personal ni excesiva dificultad para mantener el interés sin dañar el autoconcepto sin ningún miembro.

< *Caldeando* el ambiente de trabajo, creando un nivel emocional adecuado y organizando una serie de acciones que sitúen a los miembros del grupo en un clima al mismo tiempo motivante y relajado, dentro de un contexto grato.

En relación con esta actuación del coordinador al comienzo de una sesión o de una actividad de grupo, sea la que sea, es importante tener en cuenta las técnicas de

caldeamiento englobadas dentro del gran apartado de técnicas de satisfacción.

Las *técnicas de caldeamiento* pueden definirse como una serie organizada de acciones que se realizan en el grupo con vistas a la creación de un clima grato y distendido pero también estimulante. El estado de ánimo de los participantes mejora cuando el clima es positivo y, en consecuencia, se incrementan a tanto la satisfacción como la productividad del grupo.

Utilicemos un ejemplo sencillo: usar las técnicas de caldeamiento sería como conectar todos la radio en el mismo dial y en la misma frecuencia; desconectar las cargas y tensiones que se traen al grupo como personas individuales, para poder entenderse y, a partir de ahí, crear un buen ambiente grupal.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 4
Supervisión y control
de instalaciones y personal

Tema 3

Seguridad eléctrica
Localización de averías

Tema 3
SEGURIDAD ELÉCTRICA

Índice

1. Accidentes eléctricos 1
2. Factores que intervienen en el accidente eléctrico 1
3. Primeros auxilios 2
4. Auxilio del accidentado 3
5. Efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano 3
6. Normas de seguridad 5
7. Ascensores 7
8. Normas de seguridad para ascensores 7
9. Conservación de ascensores 8
10. Auxilio y rescate de personas 9
11. Equipos de elevación de agua por electrobombas 9
12. Grupos de presión 13
13. Instalaciones de calefacción eléctrica 16
14. Diversos sistemas de radiación de calor (calefacción) 18
15. Características de la calefacción eléctrica 21
16. Localización y reparación de averías en circuitos eléctricos 21
17. Comprobación de un motor para determinar si está quemado 27
18. Giro incorrecto del motor 31
19. Otras averías en los motores 32
20. Puesta a tierra 33

Tema 3

SEGURIDAD ELÉCTRICA

1. ACCIDENTES ELÉCTRICOS

Convine tener presente que:

1) Todo contacto fortuito supone un paso de corriente a través del cuerpo

2) La intensidad de corriente que recorre el cuerpo dependerá de la tensión del conductor y de la resistencia óhmica del organismo.

3) El grado de peligrosidad de la corriente depende del tiempo que dure el paso de la corriente por el cuerpo y también de la naturaleza de la corriente. Siendo más peligrosa la corriente continua que la alterna, porque a los peligros del paso de la corriente se añade los efectos de electrólisis que pueda producir la corriente continua.

2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL ACCIDENTE ELÉCTRICO:

-El valor máximo de la intensidad de corriente eléctrica que puede soportar sin peligro, independientemente de lo que dure la exposición de la corriente, se ha fijado entre 10 y 16 mA. Pero los efectos se notan a partir de 0,7 mA.

-El valor de la tensión: Se ha comprobado que para corrientes alternas de alta frecuencia los efectos son cada vez menores, conforme aumenta la frecuencia, para frecuencias normales de 50 Hz la resistencia óhmica del cuerpo no cumple con la Ley de Ohm, ya que su valor depende de la tensión que se soporte. Además, la resistencia del cuerpo humano no es un valor constante, sino que, depende de la humedad de la piel, que oscila entro los valores de 10.000 Ω cuando está seca la piel o desciende considerablemente, hasta los 100 Ω cuando se está sudoroso, mojado, o el ritmo del corazón está mas acelerado de lo habitual.

- El tiempo del paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo: Al parecer cuando el tiempo es inferior a **0'025 segundos**, no presente ningún peligro, pero a partir de los **tres segundos**, los músculos se contraen y comienza la asfixia por tetanación.

-La trayectoria de la corriente por el organismo: Algunos consideran al cuerpo humano como un conductor y creen que la corriente entra por el lugar de contacto y sale por el lugar de unión con masa, tomando el camino mas corto entre ambos, pero no es así, **la corriente se transmite no solo por la piel, sino que también utiliza la sangre para su propagación y como toda la sangre pasa interrumpidamente por el corazón**, cualquier corriente que pase por el cuerpo, afectará siempre al corazón, pudiendo llegar a su paralización, debida a la contracción muscular.

-Naturaleza de la corriente: A tensiones normales, entre 110 y 220 voltios, la corriente continua produce efectos de electrólisis en la circulación de la sangre, **lo que puede originar una trombosis**, estos efectos en corriente alterna no aparecen y cuando las frecuencias son superiores a 10.000 Hz los efectos son casi nulos.

-Capacidad de reacción del organismo: Cuando la persona teme recibir una descarga, su cuerpo se prepara contra esta circunstancia y soporta mejor el choque eléctrico, en cambio cuando no previene que pueda ocurrir el accidente, los resultados son más perjudiciales.

3. PRIMEROS AUXILIOS

La primera precaución a tener en consideración es tener presente que mientras no se corte la corriente, **cualquier persona que toque al accidentado también puede recibir la descarga eléctrica** y lejos de ayudarle lo que pondrá en peligro son dos vidas la del accidentado y la suya propia.

La primera precaución que debe de tener es **no tocar directamente al accidentado**

El primer auxilio que se debe de prestar a un accidentado, empieza por **eliminar el contacto.**

a) Si la corriente es de **baja tensión:**

-Cortar la corriente si se puede.

-Evitar tocar a la víctima directamente, utilizar guantes aislantes, ropas cuerdas, secas pértigas aislantes, hasta que no se tenga la seguridad de que no existe tensión

-Si la víctima está pegada al conductor cortar este con herramientas aisladas

-Cuando el local reúna condiciones especiales de humedad, polvo o ácidos, seguir todas las precauciones indicadas en los cateles de aviso.

b) Si la corriente es de **alta tensión**:

-Antes de entrar en el local, estudiar la situación y hacerlo con la máxima seguridad.

-Cortar la subestación o romper el cable de alta con las debidas precauciones

-Separar a la víctima con la máxima urgencia

Figura 1 AUXILIO DEL ACCIDENTADO CAÍDO SOBRE CABLE ELÉCTRICO

4. AUXILIO DEL ACCIDENTADO

Una vez separado el accidentado del contacto con la corriente, intentar la reanimación del electrocutado, **debe procederse a practicarle la respiración artificial**, no importa durante cuanto tiempo, se sabe de personas que no recobraron el conocimiento hasta después de pasada media hora de practicarle la respiración artificial.

Si se sabe, **se debe completar la respiración con masajes cardíacos**, continuando durante el traslado al Centro donde se aplicará el tratamiento adecuado, es de lamentar que cuando algunas personas llegan a los centros de asistencia algunos han dejado de existir precisamente porque después de una primera reanimación se ha creído pasado el peligro.

5. EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA SOBRE EL CUERPO HUMANO

EFECTOS INMEDIATOS

-Contracciones musculares, esto impide que el accidentado pueda abrir la mano para separase del conductor o del mango de la herramienta, este agarrotamiento también produce que la lengua se contraiga contra el paladar impidiendo la entrad del aire a los pulmones. La pérdida del control de las manos y los brazos, de los músculos pectorales

incluso del habla cuando es a consecuencia del paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano se llama se llama **tetanización**

-Otros **factores fisiopatológicos**, como el aumento de la presión sanguínea, dificultades en la respiración, parada temporal del corazón. Tales efectos no son mortales, son normales y reversibles

-Pérdida del conocimiento

-Quemaduras superficiales e internas debido a al vibración de las ramificaciones musculares, que producen alteraciones en el color de la piel y superficie rugosa o hinchazón, incluso llegar a carbonizar la piel

-Alteraciones oculares, nerviosas y auditivas.

-Trastornos cardiovasculares que provocan perturbaciones en el ritmo cardiaco como la **fibrilación ventricular** que consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual deja de enviar sangre a los distintos órganos y, aunque el corazón sigue latiendo, no sigue su ritmo normal de funcionamiento

-La **asfixia** se produce cuando es afectado el tórax, y como consecuencia los pulmones no tiene capacidad para aceptar aire ni para expulsarlo, de aquí la importancia de aplicarle respiración artificial al accidentado, con la misma técnica que se usa para los accidentes por sumergimiento en el agua.

EFECTOS FÍSICOS DESPUÉS DE OCURRIDO EL ACCIDENTE

- Los riñones pueden quedar bloqueados como consecuencia de las quemaduras
- Trastornos cardiovasculares
- Trastornos nerviosos
- Alteraciones oculares, auditivas o sensoriales

6. NORMAS DE SEGURIDAD.-

INTRODUCCIÓN

Las normas de seguridad están elaboradas para preservar, principalmente, a vida de las personas; en segundo lugar, la vida de los animales, y, en tercer lugar, de la maquinaria y los bienes. No cumplir las normas puede acarrear consecuencias irremediables; quitar precintos, y desactivar mecanismos de seguridad, son **irresponsabilidades,** tan graves, que pueden ser castigadas con **multas o incluso prisión,** depende del daño que se produzca.

A continuación se incluye descripciones de instalaciones eléctricas, cuyo conocimiento ayudará a prevenir accidentes de manipulación de estas instalaciones. **También se podrá utilizar para elaborar normas de seguridad que afecten a estos elementos de las instalaciones eléctrica y establecer obligaciones del personal responsable**

7. ASCENSORES

Ascensor es **todo aparato elevador que se desplaza entre guías verticales**, o débilmente inclinadas respecto a la vertical, sirve niveles definidos y están dotados de un camarín cuyas dimensiones y constitución permiten materialmente el ascenso de las personas en él.

ELEMENTOS QUE COMPRENDEN

Se compone de las siguientes partes:

Bastidor.- Es el armazón metálico que soporta los elementos de suspensión y soportan el camerín o el contrapeso.

Camarín.- Elemento del ascensor en el que se transporta a pasajeros, o mercancías en el caso de los montacargas.

Carga nominal.- Valor máximo de la carga, garantizada por el constructor del aparato y que ha de figurar en el camarín en kilogramos.

Cuarto de máquinas.- Local donde se encuentra instalado el grupo tractor.

Cuarto de poleas.- Local donde se encuentran instaladas las poleas. Puede coincidir con el cuarto de máquinas.

Grupo tractor.- Conjunto de elemento o elementos motores y sus accesorios.

Enclavamiento.- Dispositivo eléctrico o mecánico que impiden el movimiento del aparato elevador.

Limitador de velocidad.- Elemento que provoca la actuación del paracaídas cuando la velocidad del camarín o contrapeso sobrepasa un valor predeterminado.

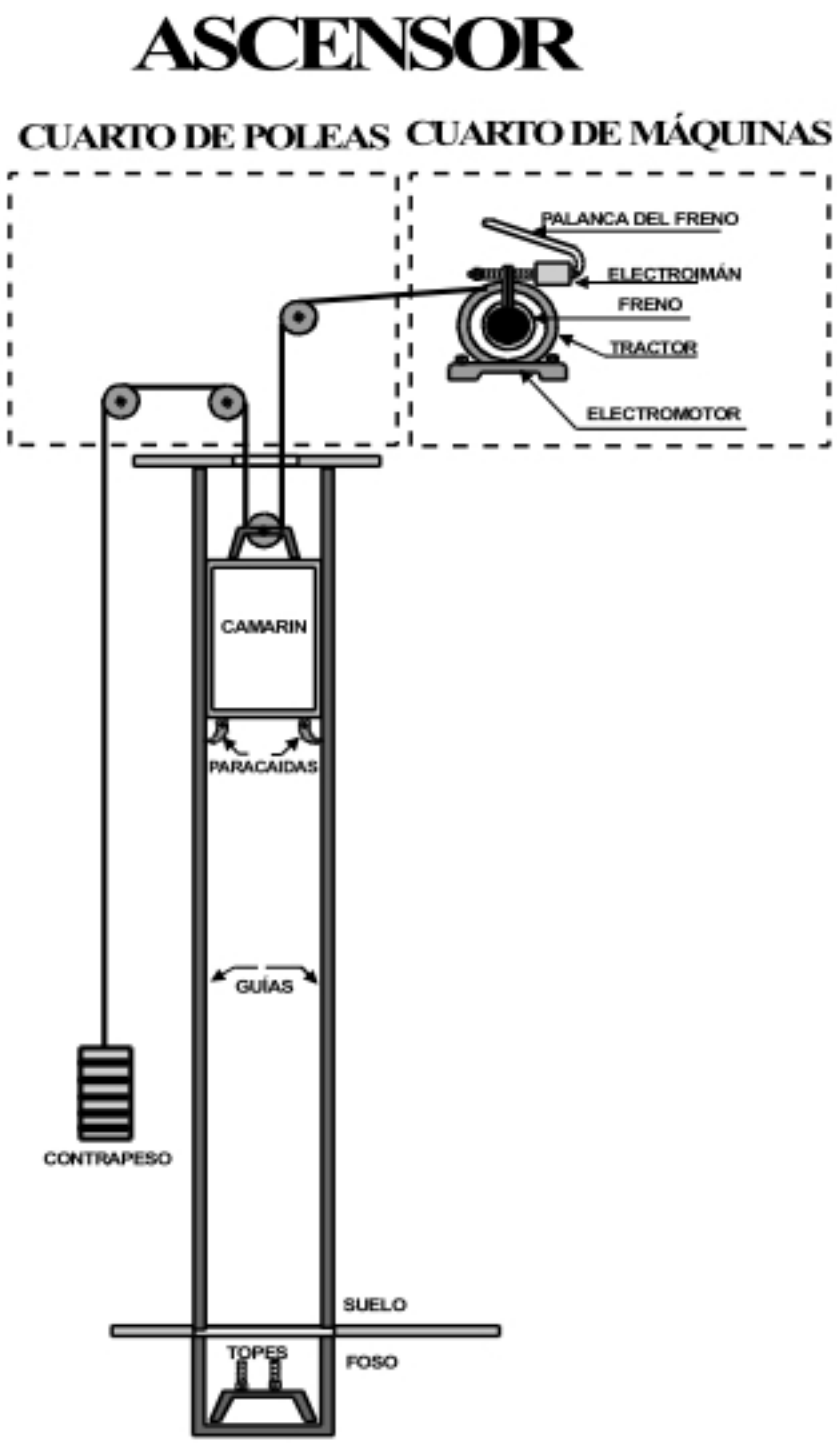


Figura 2 PARTES DEL ASCENSOR

Paracaídas.- Dispositivo mecánico que se instala en el bastidor del camarín o del contrapeso y que se destina a paralizar automáticamente éstos sobre sus guías en el caso de aumentar la velocidad en el descenso o en el de rotura de los órganos de suspensión.

Foso.- Parte del recinto situado inmediatamente debajo del nivel inferior servido por el camarín.

8. NORMAS DE SEGURIDAD PARA ASCENSORES

Foso

C Deben quedar al abrigo de infiltraciones de agua.

C Si tienen una abertura de inspección al foso, su puerta deberá ser de imposible abertura hacia el interior del recinto.

C La puerta ha de tener cerradura y posición de cierre controlado eléctricamente.

Cuarto de máquinas

C Solamente será accesible al personal que tiene a su cargo la conservación.

C El acceso al interior de los cuartos de maquinaria y poleas, deben ser fácilmente practicable.

C Los motores, la maquinaria y conducciones eléctricas, estarán dentro de lo posible, al abrigo de polvo, vapores nocivos humedad y temperatura excesiva. En el cuarto de poleas ha de instalarse un interruptor que permita efectuar la parada del aparato elevador.

C Deberán tener iluminación eléctrica, con toma de corriente independiente de la maquinaría. O bien tomada alimentación antes del interruptor principal del ascensor.

C En los cuartos de máquinas o poleas, no deberá contener más que el material necesario para los fines de la inspección y conservación de los aparatos elevadores, ni quedar afectados por otros usos que no sean los propios de los aparatos elevadores.

Enclavamiento

C No debe ser posible hacer funcionar el aparato elevador y mantenerlo en funcionamiento si está abierta una puerta de acceso.

Freno

C Todo aparato elevador ha de estar provisto de un sistema de frenado que lo bloquee automática y mecánicamente tan pronto cese la corriente eléctrica de excitación.

C El desfrenado en funcionamiento normal ha de quedar asegurado por la acción permanente de una corriente eléctrica.

C El sistema de frenado ha de estar concebido en forma que puede desbloquearse a mano, sin que perdure cuando la persona que lo utilice no esté presente.

Petición de socorro

C Los usuarios de los ascensores han de tener a su disposición un dispositivo en el camarín que permita pedir socorro al exterior. Puede ser un timbre o teléfono que también pueda utilizarse durante el servicio nocturno del ascensor.

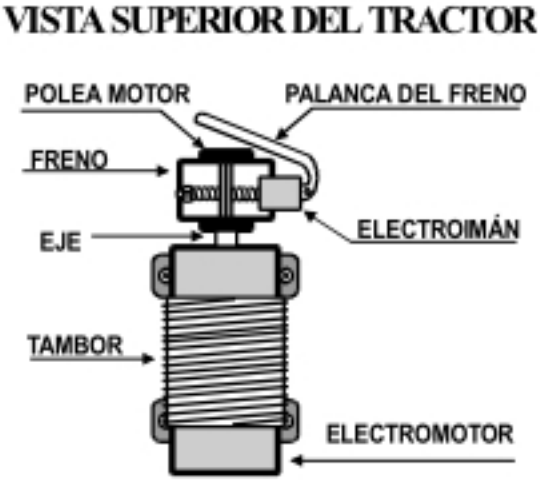


Figura 3 GRUPO TRACTOR.

9. CONSERVACIÓN DE ASCENSORES

Los propietarios o **arrendatarios de aparatos elevadores** han de cumplir las siguientes obligaciones:

C Contratar con **empresas autorizadas por la Delegación del Ministerio de industria**, el mantenimiento de la instalación.

C Tener a **una apersona encargada** del aparato elevador.

C **Prohibir su uso cuando no reúna las condiciones debidas de seguridad**.

C **En caso de accidente suspender el servicio y ponerlo en conocimiento de la Delegación del Ministerio de industria**, hasta que esta autorice la reanudación del funcionamiento.

C **Si cambia de empresa conservadora comunicarlo a la Delegación del Ministerio de industria**.

C Conservar en estado de buen uso **un libro de Registro de revisiones**.

10. AUXILIO Y RESCATE DE PERSONAS

C Cada una de las puertas de acceso se abrirá desde el exterior con ayuda de una llave especial, **que estará en poder el encargado del servicio ordinario** del ascensor o montacargas.

C En el techo del camarín de los ascensores puede instalarse un registro de socorro para prestar ayuda desde el exterior. **Estos registros de socorro deben poder ser abiertos desde el exterior del camarín sin llave y desde el interior con ayuda de llave. Deberá además de estar provisto de un contacto eléctrico que provoque el paro del ascensor cuando se abra este registro**.

C Todos los ascensores están provistos de un dispositivo de puesta en marcha que permita en caso de emergencia llevar el camarín aun con su carga nominal a una de las paradas más próximas, para lo cual estará señalado visiblemente claro el sentido de giro para el ascenso o descenso. **Quedando prohibido el uso de manivelas o volantes con agujeros para el accionamiento a mano**.

11. EQUIPOS DE ELEVACIÓN DE AGUA POR ELECTROBOMBAS

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

El valor de la presión atmosférica, a nivel del mar equivale a 760 mm en la columna de mercurio, decimos que 760 mm equivale a una atmósfera, que es la presión que soportamos todos por cm^2, cuanto más nos elevamos la presión disminuye, de forma que cuanto más alto nos encontramos menor se hace nuestro peso.

EL AGUA EN LA NATURALEZA

Las aguas de lluvia, al caer sobre la tierra, en parte circulan por la superficie de forma desordenada hasta que una parte son encausada por los ríos, otra parte se filtran dando lugar a las aguas subterráneas, las que más tarde reaparecen en forma de manantiales y fuentes.

Figura 4 POSO ARTESIANO

La filtración de las aguas de lluvia se efectúa por las hendiduras del suelo, por las líneas de fracturas de las rocas, y por los terrenos de naturaleza permeable (arena), muchas aguas penetran hasta perderse y otras lo hacen hasta que encuentran terrenos impermeables que las detienen. Cuando las aguas se quedan limitadas entre dos capas impermeables, se llaman manto cautivo.

El terreno que contiene estas aguas se llama capa fréatica. Estas aguas se manifiestan al exterior por medio de fuentes y manantiales. También pueden hallarse artificialmente por medio de pozos, perforando el suelo hasta llegar las capas acuíferas; si se llega a un manto cautivo, las aguas surgen con fuerza y dando lugar a los pozos artesianos.

La existencia de pozos artesianos es escasa y raramente se encuentran, lo normal es que perforando la tierra se llegue a los acuíferos mediante pozos, el agua no mana hacia arriba es preciso extraerla con el uso de las motobombas.

GRUPOS ELECTROBOMBAS

Existen dos tipos de motobombas: las **aspirantes impelentes**, o centrífugas y las **impelentes** o más comúnmente llamadas sumergidas.

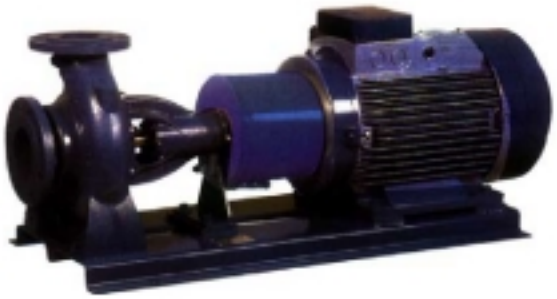


Figura 5 MOTOBOMBA CENTRÍFUGA

Las primeras se colocan a una altura sobre el nivel máximo del pozo inferior a los seis metros, puesto que al ser la presión igual a 760 mm, la aspiración teórica sería 7´6 metros a la altura del mar. Dentro de tierra firme, cuanto más alto esté el terreno, la presión es menor; por eso, **se ha llegado a la conclusión de que seis metros es una distancia máxima que asegura el funcionamiento de la aspiración**.

Figura 6 MOTOBOMBA SUMERGIDA

Para que una bomba comience a funcionar, **es preciso rellenar al tubo de aspiración de agua sin que queden bolsas de aire dentro**. Por ello en la parte inferior de la tubería se coloca una válvula que cierra cuando el motor está parado, lo que nos permite llenar el tubo, si la válvula no cierra herméticamente la tubería se descarga y deja de aspirar

La primera vez que se pone en funcionamiento una bomba es preciso cebarla. Operación que consiste en llenar de agua el tubo de aspiración y el cuerpo de bomba; **este llenado debe hacerse lentamente, para que pueda salir el aire dejando sitio al líquido.**

Una vez puesta en marcha la bomba, al pararla, la tubería de aspiración se queda cargada, y **no es preciso volverla a cebar en sucesivas puestas en marcha**. No obstante si por el eje de rotación de la bomba entrara aire, a través del prensa estopa, tampoco absorbería agua, aunque la tubería estuviera completamente llena de agua.

Por tanto; las tres únicas averías que pueden darse, para que una bomba no aspire agua son:

1. Que el nivel del agua haya bajado y se superen los seis metros de altura en la aspiración.

2. Que la válvula de pie esté obstruida, al haberse puesto descansando sobre el fondo.

3. Que entre aire en la tubería por el prensa estopa, o la tubería de aspiración.

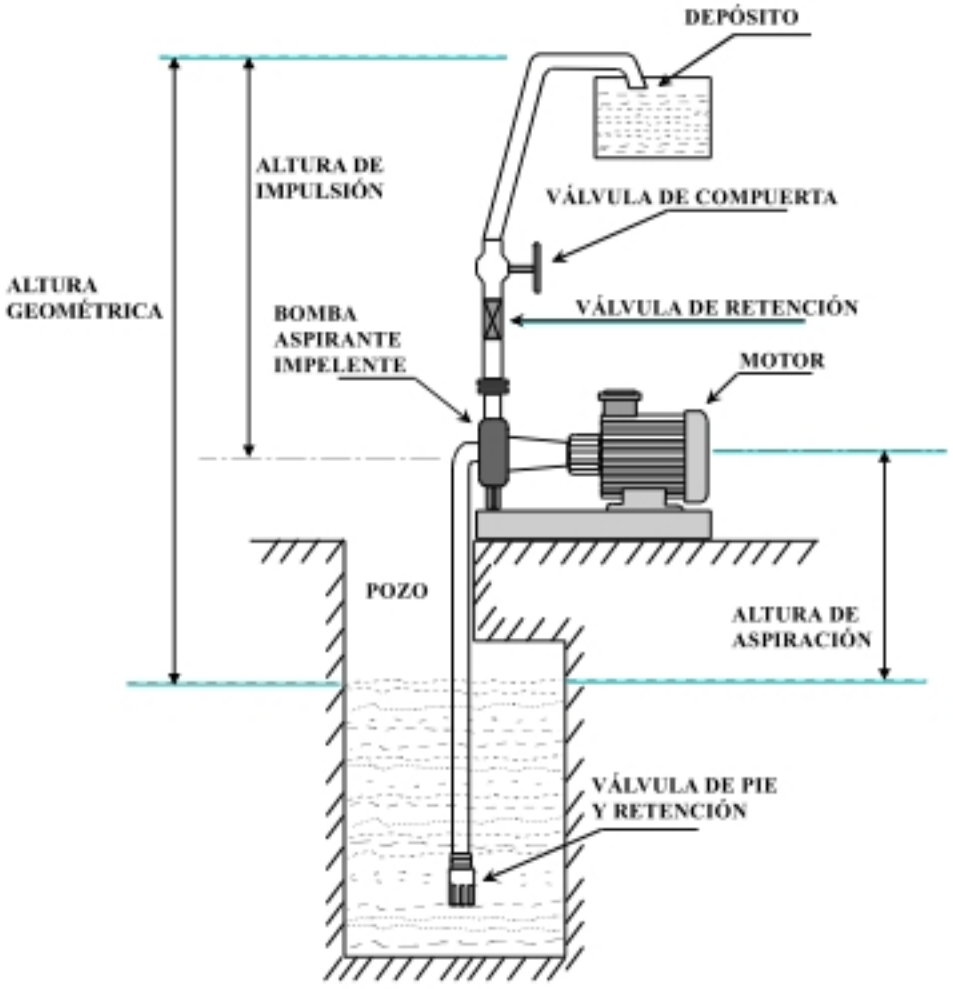


Figura 7 MONTAJE DE EQUIPO ELECTROBOMBA

12. GRUPOS DE PRESIÓN

En las ciudades el procedimiento para la distribución de las aguas es similar al natural. Se buscan emplazamientos altos para la colocación de los depósitos de depuración, desde allí, mediante tuberías apropiadas, se bombea a presión el agua para que llegue a todos los hogares. En la antigüedad tan solo era posible garantizar el suministro de agua a la planta baja de los edificios o como mucho a la segunda planta; hay día, mediante el bombeo del agua se asegura el suministro hasta la cuarta planta.

Puesto que la presión a nivel de suelo es de una atmósfera, el nivel del agua nunca sobrepasará la altura del suelo mientras que la presión sea de una atmósfera, por tanto, por cada atmósfera que sobrepase la presión media local, el agua subirá hasta 6 metros de altura: es decir, para que suba hasta 12 metros, que corresponde a la altura de un edificio de 4 plantas, hará falta 3 atmósferas.

En los núcleos de población la presión de suministro oscila entre 3 y 4 atmósferas, lo que asegura el suministro entre 12 y 18 metros de altura, cuatro y seis plantas. Lo que ocurre es que esta presión en realidad no es la misma para toda la ciudad, puesto que al abrirse muchos grifos la presión disminuye, bajando por debajo de dos atmósferas; de aquí que unas veces llegue a unos piso en unas horas y en cambio en otras horas del día no llegue. La solución no puede ser el aumento de la presión, porque entonces las tuberías reventarían al no poder soportar esta presión.

Para evitar esto, en todo bloque de casa de más de cuatro plantas, es obligatorios el uso de grupos de agua a presión.

El conjunto está formado por una bomba de agua y un depósito cerrado herméticamente. El volumen del depósito dependerá del caudal de agua que se pretenda suministrar, la presión del agua dentro del depósito aumentará conforme se induzca agua a presión, cuando el nivel es suficiente la bomba de agua se para. En el momento que se abran grifos, la presión dentro del calderín disminuye y para que el agua pueda subir hasta el último piso sin dificultad, es preciso que la presión se mantenga, por lo que automáticamente se vuelva a poner en funcionamiento el motor introduciendo de nuevo agua a presión en el calderín.

En la figura 8 se muestra un conjunto de presión compuesto de dos bombas, como se utiliza en los servicios contra incendios.

La bomba de menor potencia mantiene una presión constante en la red; en caso de incendio, al abrir cualquier punto de la instalación, la presión de la red bajará, en cuanto baje la presión en el calderín se pondrá en marcha la bomba de presión, pero si no es suficiente se pondrá automáticamente en marcha la bomba caudal, y poder mantener en las mangueras de incendio la presión necesaria.

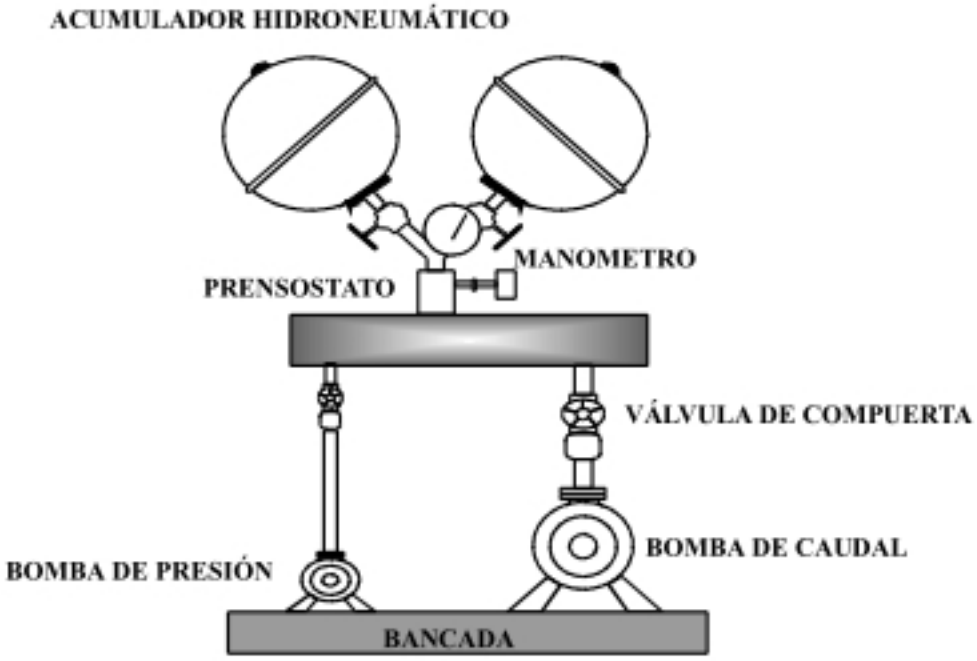


Figura 8 GRUPO DE PRESIÓN CONTRA INCENDIOS

DISTINTOS GRUPOS DE PRESIÓN

Dependiendo de las características de la instalación, ya sean para una torre de más de diez plantas, para un servicio contra incendios, para una urbanización de plantas bajas, para riego, etcétera. Los motores se ponen dobles, normalmente solo funciona uno; pero en caso de avería, del motor principal, y para que el suministro no quede interrumpido, se pone en funcionamiento el segundo.

La capacidad del calderín dependerá de la altura que tenga que subir el agua y del caudal, la presión será distinta de unos calderines a otros. Para asegurar que no se sobrepase la presión de seguridad, los manómetros vienen con una raya roja la cual no deberá sobrepasarse, ya que el peligro está en que reviente el calderín, como lo haría una bomba.

Figura 9 CLASIFICACIÓN DE MOTOBOMBAS POR SU USO

Figura 10 DIFERENTES MONTAJES PARA PRESIÓN Y CONTRAINCENDIOS

13. INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN ELÉCTRICA

Entre dos cuerpos que se encuentran a diferentes temperatura se establece, inevitablemente, un flujo de calor desde el cuerpo más caliente al cuerpo más frío. Es lo que se denomina **propagación del calor**, esta propagación del calor se mantiene hasta establecerse el equilibrio entre los cuerpo.

La transmisión de calor se realiza por tres fenómenos diferentes, **conducción**, **convención** y **radiación**, que, en la mayoría de los casos, ocurre simultáneamente, bien sean dos de ellos o, incluso, los tres.

Se denomina **conducción**, cuando el calor se propaga entre dos cuerpo o partes de un mismo cuerpo a diferentes temperaturas debido a la agitación térmica de las moléculas, sin que exista un desplazamiento real de estas.

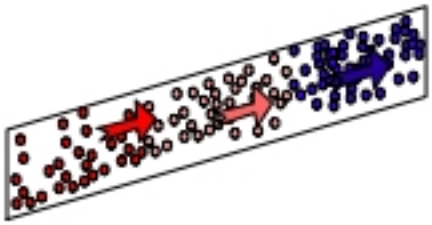


Figura 11 TRANSMISIÓN DEL CALOR POR CONDUCCIÓN

Cuando la transmisión del calor se realiza por movimiento real de las moléculas de una sustancia se dice que el calor se transmite por **convección**. Este fenómeno solo podrá producirse en fluidos cuyas partículas pueden desplazarse, ya sea por movimiento material debido a la diferencia de densidades, o por circulación forzada; por medio de ventiladores o bombas sin interrumpir la continuidad física de la sustancia.

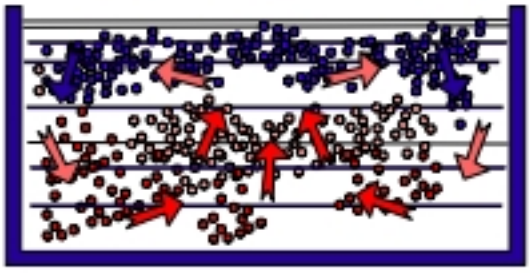


Figura 12 TRANSMISIÓN DEL CALOR POR CONVECCIÓN

Todos los cuerpos emiten energía radiante en todas direcciones hacia el espacio circundante Esta emisión por **radiación**, de naturaleza ondulatoria no necesita soporte material para su propagación.

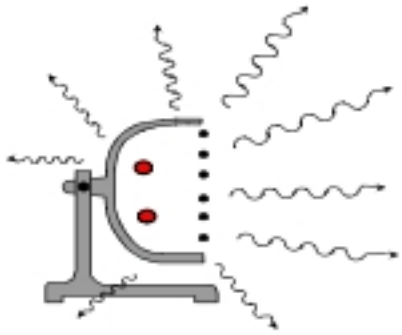


Figura 13 TRANSMISIÓN DEL CALOR POR RADIACIÓN

Cuando se mide con un termómetro la temperatura dentro de un recinto se obtiene la temperatura seca. Si se quiere obtener la temperatura húmeda dentro de este mismo recinto, bastará con rodear el cristal del termómetro con un algodón húmedo. Una vez obtenida las dos medidas de temperatura, se obtiene el estado higrométrico del aire; hallando los tantos por cientos que contiene de humedad, o por la presión de vapor.

Se define como la humedad relativa en tanto por cientos del aire, a la relación que existe entre la cantidad de vapor de agua que contiene un kilo de aire y la que contendría si se encontrase saturado a la misma presión y temperatura.

Desde el punto de vista del bienestar, el exceso de humedad sólo interviene en ambientes calientes, ya que limita la capacidad de evaporación del sudor, cuando las temperaturas son inferiores a 22 ºC. prácticamente no tiene influencia.

14. DIVERSOS SISTEMAS DE RADIACIÓN DEL CALOR (CALEFACCIÓN).

RADIACIÓN POR TECHOS

Este sistema consiste en colocar, en el techo de las habitaciones elementos de calefactores que emiten la mayor parte del calor por radiación. Utiliza elementos calefactores de baja y media temperatura los elementos empleados habitualmente son:

1. Cables calefactores: son resistencias eléctricas, en forma de hilo, cubiertas con una envoltura protectora

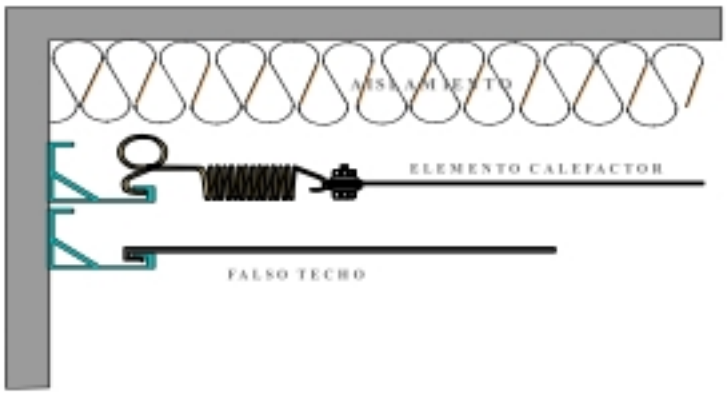


Figura 14 CALEFACCIÓN POR EL TECHO CON CABLES CALEFACTORES

2. Paneles calefactores: Son resistencias eléctricas situadas entre dos láminas no conductoras que sirven de soporte

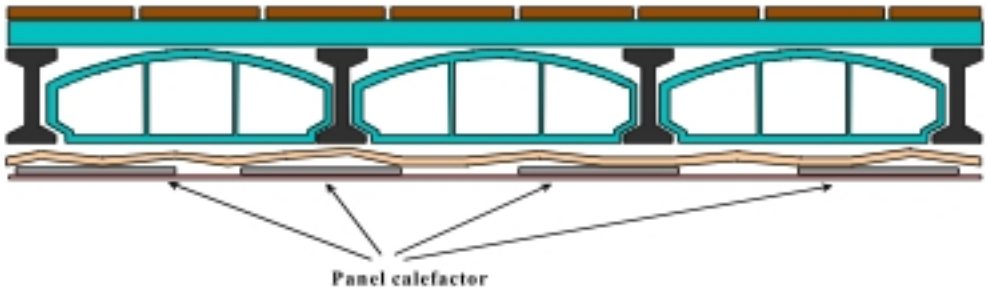


Figura 15 CALEFACCIÓN POR EL TECHO CON PANELES CALEFACTORES

Los paneles calefactores están diseñados, específicamente para su colocación en el techo, y en función de la tensión de alimentación puede distinguirse dos categorías:

C Paneles de tensión convencional: que por su reducido espesor, se conocen con el nombre de folios calefactores

C Paneles de muy baja tensión: Son láminas de aluminio revestidas de poliuretano, que se sujetan tensadas mediantes resortes, a unas guías dispuestas en las

paredes. La alimentación eléctrica se realiza a 12 voltios, por lo que es necesario el uso de transformadores.

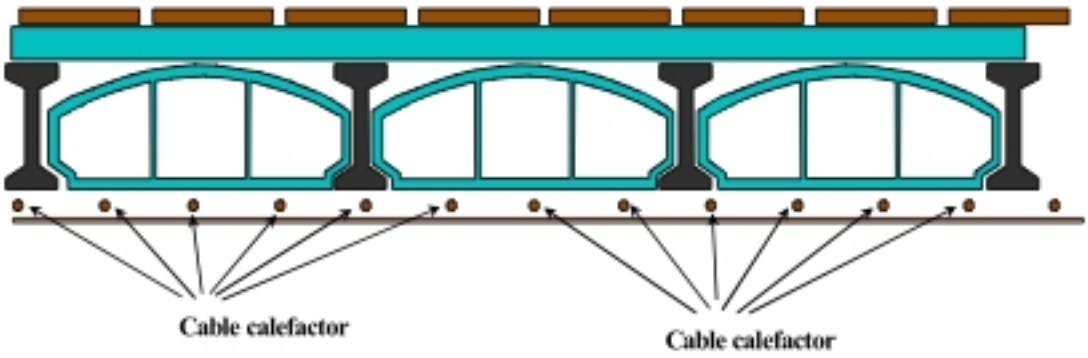


Figura 16 CALEFACCIÓN POR EL TECHO CON PANELES DE MUY BAJA TENSIÓN

RADIACIÓN POR SUELOS

Es una solución de calefacción a baja temperatura en la que elemento calefactor queda integrado en el suelo, de tal modo que este cerramiento es el que irradia calor

Existen varios tipos de elementos calefactores aplicables:

C Cables calefactores: Son, habitualmente, los más utilizados

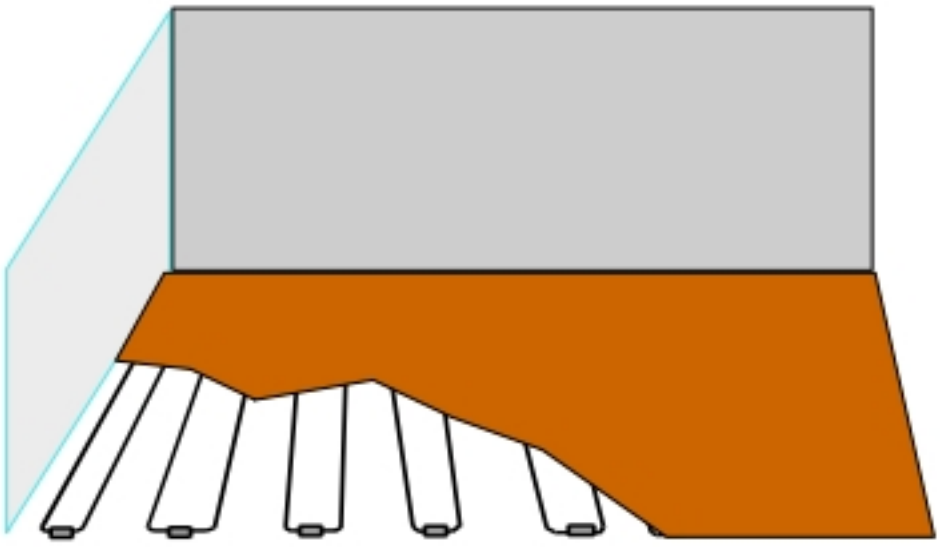


Figura 17 CALEFACCIÓN POR EL SUELO A MUY BAJA TENSIÓN

C Paneles calefactores: Aunque su aplicación preferente es en el techo, en algunos casos también se colocan e n el suelo

C Polímeros semiconductores: De reciente aparición en el mercado, que utilizan calefactores polímeros semiconductores autoregulantes. A medidas que aumenta la temperatura del semiconductor, crece su resistencia eléctrica lo que da lugar a una reducción de la potencia calorífica aportada.

C Se presentan en forma de bandas de material plástico flexible acanalado, a través de cuyos extremos, en sentido longitudinal, discurren hilos de cobre embutidos en los polímeros, entre los que se aplican una tensión de 24 V, a 28 V, según las características de utilización.

CONVECTORES

Estos aparatos disponen de una resistencia eléctrica, situada en la parte inferior, que calienta el aire de la habitación aprovechando el fenómeno de convección natural. El aire en contacto con la resistencia se calienta y se pone por sí solo en circulación, ya que al disminuir la densidad se eleva, cede su calor a la habitación se enfría y desciende par iniciar de nuevo el ciclo.

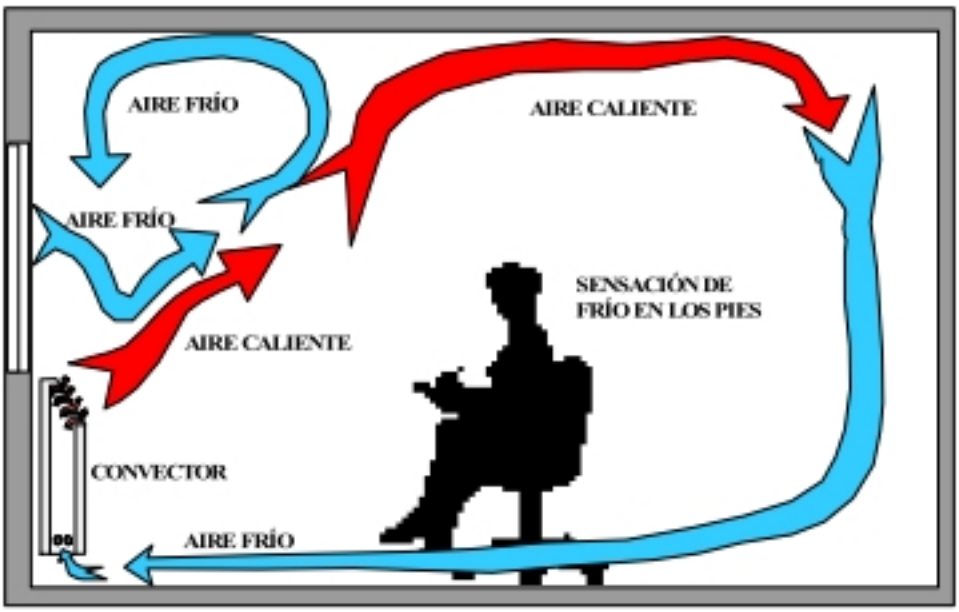


Figura 18 CIRCULACIÓN DEL AIRE EN SISTEMAS DE CALEFACCIÓN POR CONVECTOR

15. CARACTERÍSTICAS DE LA CALEFACCIÓN ELÉCTRICA

La calefacción eléctrica presenta una serie de ventajas con respecto a otros tipos de calefacción, que la hacen más aconsejable que por ejemplos los antiguos sistemas de calefacción central.

Ocupan poco espacio

- No necesitan depósito de combustible
- No requieren salas de calderas
- No necesaria la chimenea
- Los calefactores son de reducidas dimensiones
- Evita instalaciones de tuberías
- Una vez instalado se pueden cambiar de lugar con suma facilidad

Es limpia

C No contamina al no utilizar combustible

C No consume oxigeno

C Por lo tanto no exige una renovación del aire

C Se puede automatizar e individualizar no solo por pisos sino aún por habitaciones

C Siempre está disponible

Silenciosa

16. LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE AVERÍAS EN CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Para localizar una avería en un circuito eléctrico es preciso emplear criterios racionales basados en la técnica de árbol (módulo 3, tema 8). Las líneas que parten de un punto, o están en condiciones o no le están, funcionan o no. Como ejemplo, véase el esquema unifilar de la figura 19, el que existe un fallo y funde dos los fusibles generales.

La reparación será posterior a la localización, y es el fin que se persigue. Pero antes de proceder a la reparación convine deducir las causas del fallo, a fin de que no se repita en un futuro próximo.

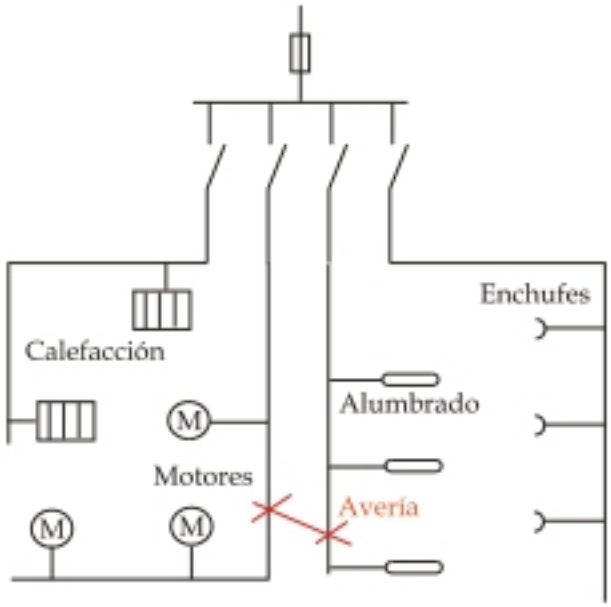


Figura 19 FALLO CON FUNDIDO DE FUSIBLES GENERALES

Los pasos para reparar el fallo son:

1º Abrir todos los interruptores y reponer los fusibles.

2º Cerrar los interruptores uno tras otro; cuando se cierran los interruptores 3 y 4, los fusibles funden de nuevo.

3º Vuelta a reponer los fusibles; ahora se cierran los interruptores uno a uno, y sólo se deja uno cerrado cada vez, antes de cerrar el siguiente se abre el anterior (figura 20 y 21)

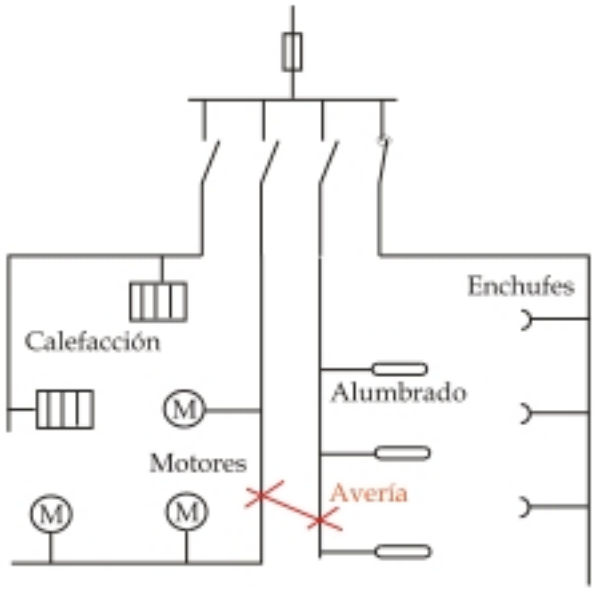


Figura 20 CERRADO EL INTERRUPTOR DE ENCHUFES, TODO PARECE NORMAL, SE ABRE DE NUEVO

Cerrado el primer interruptor se comprueba consumos, si es normal, se abre de nuevo, y se repite con otro cualquiera.

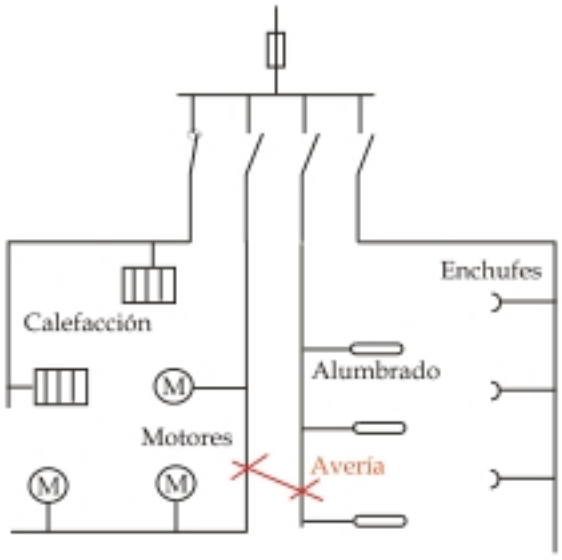


Figura 21 COMPROBAR CUANTOS CIRCUITOS FUNCIONAN BIEN

Se busca uno a uno, qué circuito consume más de lo normal, para ello, convine tener constancia escrita de cual es el consumo en condiciones normales. Si es la primera vez que se mide, la referencia será el amperaje nominal del interruptor. A veces, un desequilibrio grande entre las fases, no tiene que ser debido a cortocircuito, sino a mala distribución de las cargas.

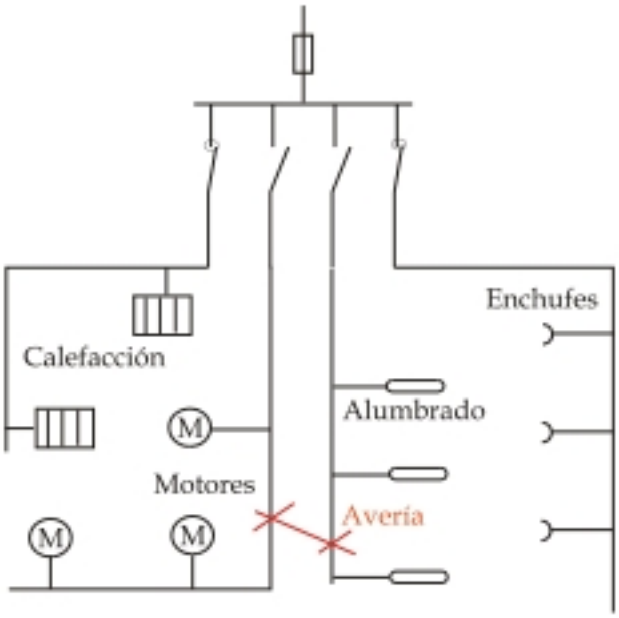


Figura 22 UNA VEZ LOCALIZADOS LOS PUNTOS QUE FUNCIONAN BIEN SE PUEDE DEJARLO EN FUNCIONAMIENTO MIENTRAS SE REPARA EL FALLO

Puede darse un caso poco frecuente de que cerrando el interruptor segundo, no se detecta fallo (figura 23), se abre este interruptor y se cierra el tercero (figura 24), y tampoco se detecta fallo, es decir uno a uno, ningún circuito da fallo, por lo que lo normal es pensar que está todo en condiciones, entonce se cierran todos los interruptores y vuelve a dar corto, que se localiza solamente cundo están cerrados al mismo tiempo los interruptores dos y tres.

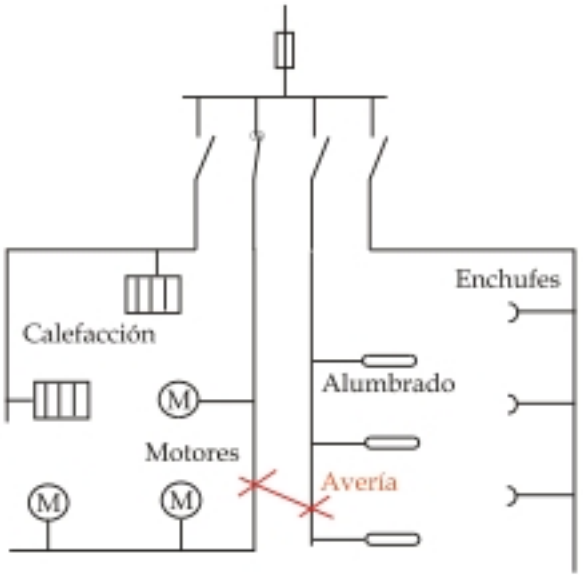


Figura 23 EL CIERRE DEL INTERRUPTOR NO DETECTA FALLO

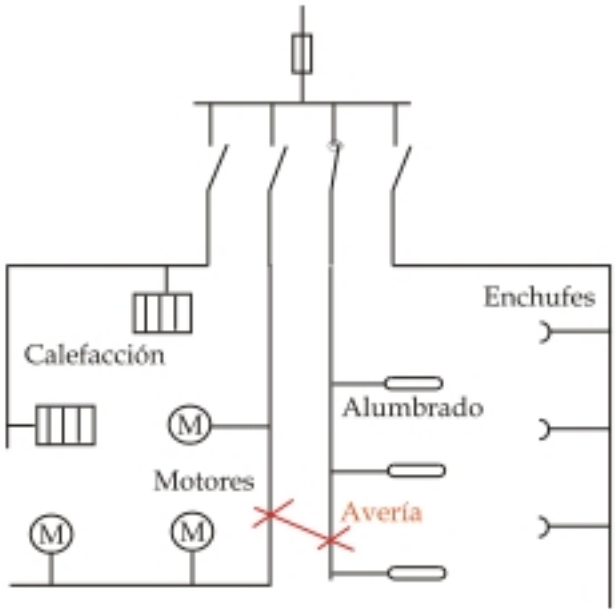


Figura 24 EL CIERRE DEL INTERRUPTOR TAMPOCO DETECTA FALLO

En este raro caso, el fallo está en el aislamiento de una fase de un circuito que coincide con el fallo de aislamiento de la fase de otro circuito (figura 25). Se detecta esta, porque a cerrar uno de los dos interruptores afectados, a la salida del otro interruptor que está abierto se detecta con un Buscapolos que hay corriente. Localizado el circuito (que son dos), ahora se trata de concretar el tramo; se puede ir a la mitad del recorrido de la línea, y en la caja de bornas más próxima, separar el principio del final, se va la principio de línea y se vuelve a cerrar circuito, si continúa dando retroceso, la avería está antes, sino más al final. Se vuelve a conectar la caja y se repite hasta localizar el tramo.

Para que se dé, este tipo de avería tiene que estar, las dos línea dentro de un mismo tubo, que estén los conductores sometidos a movimiento, o que hayan entrado roedores en la canalización y hayan roido los cables

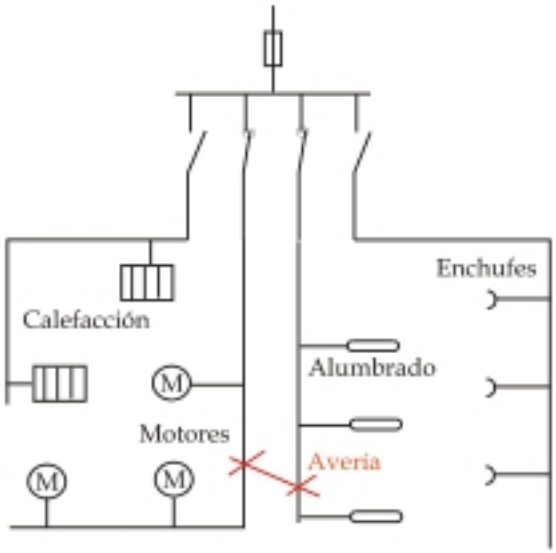


Figura 25 LA AVERÍA SÓLO SE DA SI ESTÁN CERRADOS LOS INTERRUPTORES DOS Y TRES

La reparación inminente es cambiar los tramos con fallo de aislamiento por otro nuevo, esta reparación requiere un estudio para ver que no pueda volver a repetirse la misma avería.

Del estudio de la avería se deduce que la reparación pasa por separar las líneas, y cerrar la entrada a roedores,

Si no es posible la separación de los circuiros por el alto coste, o por impedimentos de falta de espacio, existe otra alternativa que consiste en la colocación de interruptores de potencia en vez de interruptores manuales, así como colocación de diferenciales en las cabeceras de líneas (figura 30).

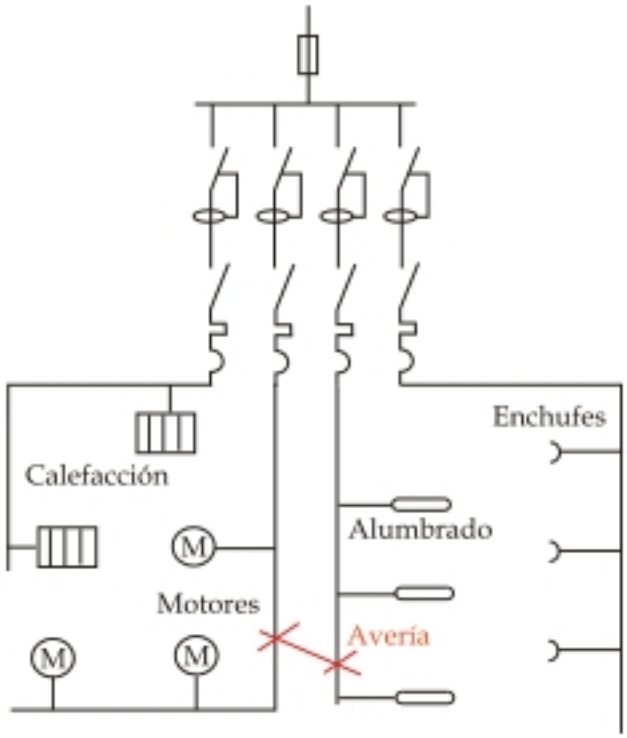


Figura 30 LA COLOCACIÓN DE DIFERENCIALES Y MAGNETOTÉRMICOS EVITARÁ QUE SALTEN LOS FUSIBLES GENERALES

17. COMPROBACIÓN DE UN MOTOR PARA DETERMINAR SI ESTÁ QUEMADO

MOTOR QUEMADO

Dos son las causas por la que un motor eléctrico se quema:

-Soportar un consumo mayor del previsto, y

-Fallos por aislamiento.

Cuando se quema un motor, al menos **dos fases se quedan en cortocircuito**; a veces, las tres, aunque menos frecuente. Al reemplazar los fusibles fundidos estos saltan de nuevo.

Comprobar si un motor está quemado, es relativamente fácil:

1) Primeramente de intenta detectar **por el olor**; en algunas ocasiones especiales en que el motor es completamente blindado, el olor no sale del mismo, y por tanto este método no sirve.

2) Comprobando si está derivado a masa. Para comprobar esto, se desconecta primero las tres fases, (Con quitar los fusibles es suficiente) y con una lámpara serie o un ohmímetro, se ve si existe continuidad entre los bornes del motor y la carcasa del motor. Si está pintada, habrá que rascar un poco para buscar el contacto directo con el hierro.

3) Si el motor no está derivado a masa, comprobar si existe cortocircuito interior: Desconectar los tres cables, marcando las tres fases, para luego colocar cada cable en el mismo borne que estaba situado.

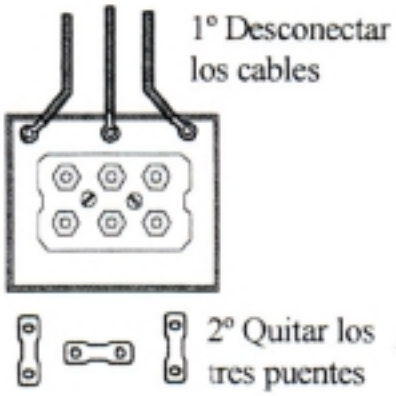
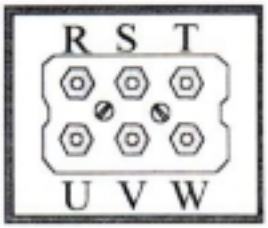


Figura 31 DESCONECTAR CABLES Y PUENTES

Quitar los puentes entre las bornas del motor y comprobar que entre un borne superior y el que está inmediatamente debajo no existe continuidad, la continuidad sólo puede haberla entre dos bornes que no estén debajo uno del otro, en los tres borne superiores se tiene que cumplir esto para asegurar que el motor no está quemado.



Entre

R y S, R y T, Y S y T, no debe dar continuidad

Entre

R y U, S y V, Y T y W, tampoco debe haber continuidad

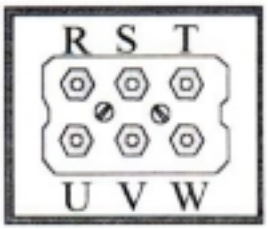


Figura 33 PUNTAS DE MOTOR TRIFÁSICO

Entre

R y V, S y W, y T y W, si tiene que haber continuidad

AVERÍAS EN LOS CONDUCTORES DE ALIMENTACIÓN AL MOTOR

Cuando el motor no está quemado, y el relé térmico sigue desconectando el motor, o los fusibles saltan, o el motor se pone en dos fases por unos instantes y por sí sólo recupera su marcha normal, la avaría suele estar en bornes flojos o en el cable de alimentación.

La primera comprobación siempre es "a ojo": observar que los conductores se encuentran en estado normales de uso, viendo que no presentan aplastamientos, que no hay objetos pesados sobre ellos. Si no se observa nada anormal, entonces proceder a verificar el cable.

1) Quitar los fusibles, desconectar el motor y separar las puntas (marcando cada fase) .

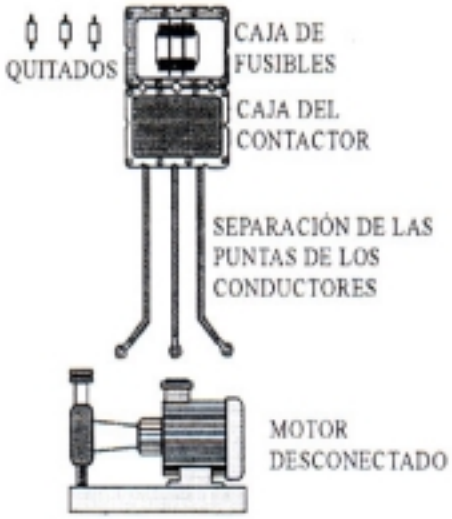


Figura 32 COMPROBAR CABLES DEL MOTOR

2) Comprobar si entre fases hay continuidad, si la hay, cambiar los conductores, si no la hay pasar al punto siguiente.

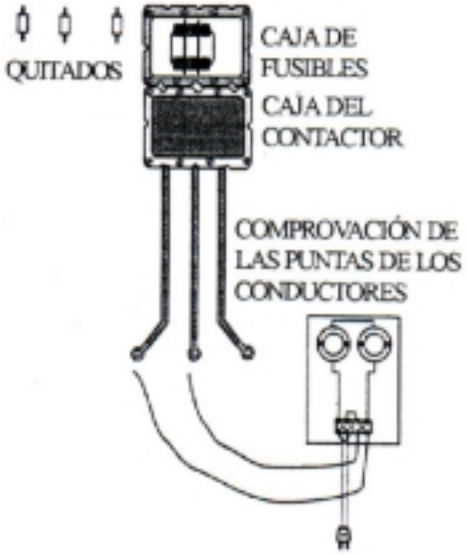


Figura 33 COMPROBAR QUE NO HAY CORTO EN LOS CABLE DEL MOTOR

3) Asegurarse de que las tres puntas está separadas y no hay posibilidad de que puedan juntar. Colocar los fusibles, y dar corriente. Utilizando un comprobador, una lámpara serie o un voltímetro, comprobar si llega tensión por los tres cables. Pudiera ser que faltase una de las fases, en este caso, un conductor está cortado cambiar el conductor

Figura 34 COMPROBAR QUE NO HAY CABLE CORTADO

4) Si no hay corto, y llegan las tres fases bien, mueva el cable, sobro todo en los lugares sometido a movimiento, a veces el cable está cortado, pero se mantiene unido por el aislamiento que cubre al conductor, dando continuidad unas veces y otras no, depende de la postura que tenga el cable. Al moverlo se provoca la interrupción y la continuidad de forma intermitente. En este caso, cambiar, los tres conductores, no sólo el que dé la avería.

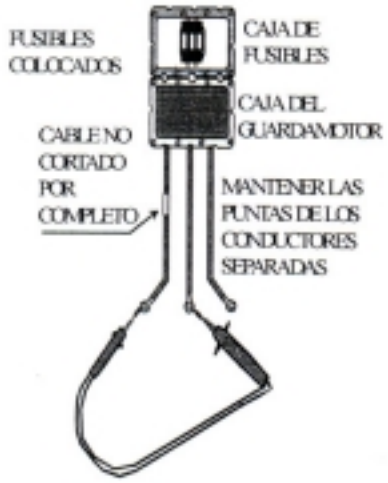


Figura 35 SI NO DA CABLE CORTADO, MOVER EL CABLE MIENTRAS SE COMPRUEBA

18. GIRO INCORRECTO DEL MOTOR

Ninguna avería puede hacer que un motor gire en sentido contrario, si esto ocurre, es porque se ha estado manipulando en los cables, puede ser en la acometida general, y en este caso, existirá mas de un motor, que gire en sentido contrario.

La solución del cambio de giro, no está en cambiar dos fases de este motor, sino en cambiar las dos fases en el lugar donde se haya estado reparando una avería. De este forma nos ahorraremos cambiar las dos fases a cada motor.

Lo que se deduce de esto, es que, todo cambio en una acometida general, como puede ser reemplazar la base fusible de acometida, debe hacerse marcando bien cada fase, de entrada y salida, basta marcar dos.

Una forma puede ser haciendo un anillo con cinta aislante en el cable de entrada y salida de la primera fase, y dos anillos en la entrada y salida de la segunda fase. También se puede ingeniar cualquier otra forma.

19. OTRAS AVERÍA EN LOS MOTORES

Al pulsar el botón de marcha de una máquina, el motor no obedece:

T Comprobar si está saltado el térmico

T Ver si los fusibles pequeños de mando están fundidos

T Empujar el puente del contactor con una herramienta aislada, si el motor funciona mientras se empuja el puente, la bobina del contactor está quemada.

Al pulsar el botón de marcha, la máquina se pone en marcha, pero al quitar el dedo del botón la máquina se para.

T Avería en el contacto auxiliar de retenida:

Ruido muy molesto de zumbido, proveniente del guardamotor

T Mal funcionamiento del electroimán, la armadura no pega completamente

T Saciedad, debido al óxido en el entrehierro. Lijar con lija de doble cero.

T Bobina fantasma cortada, reponer el contactor por completo, no hay repuesto de esta pieza.

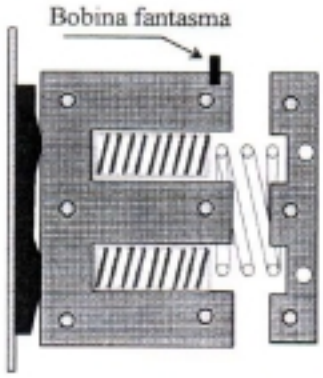


Figura 36 EL CORTE DE LA BOBINA FANTASMA PRODUCE UN RUIDO BASTANTE FUERTE

20. PUESTA A TIERRA

TIERRA

La ITC-BT-18 incluida en el tema 7 del tercer módulo se especifican las condiciones y las características que ha de reunir toda puesta a tierra. En la figura 37 se dibuja el trazado desde la pica hasta el interior de un bloque de piso

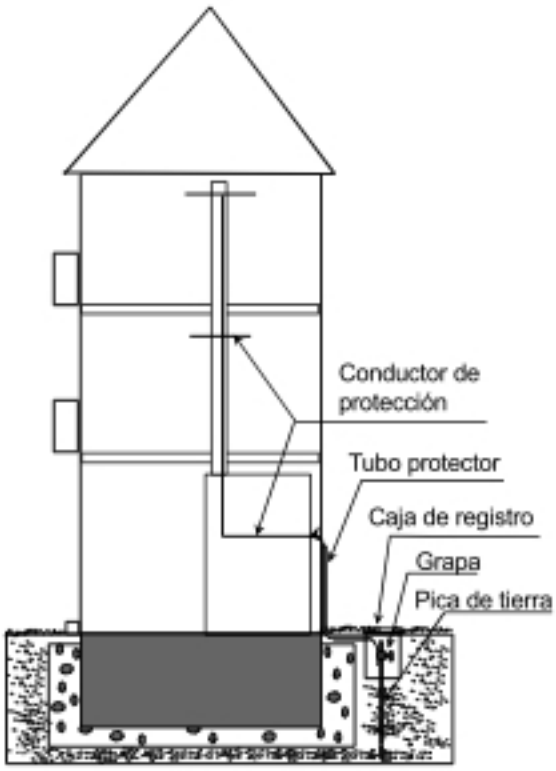
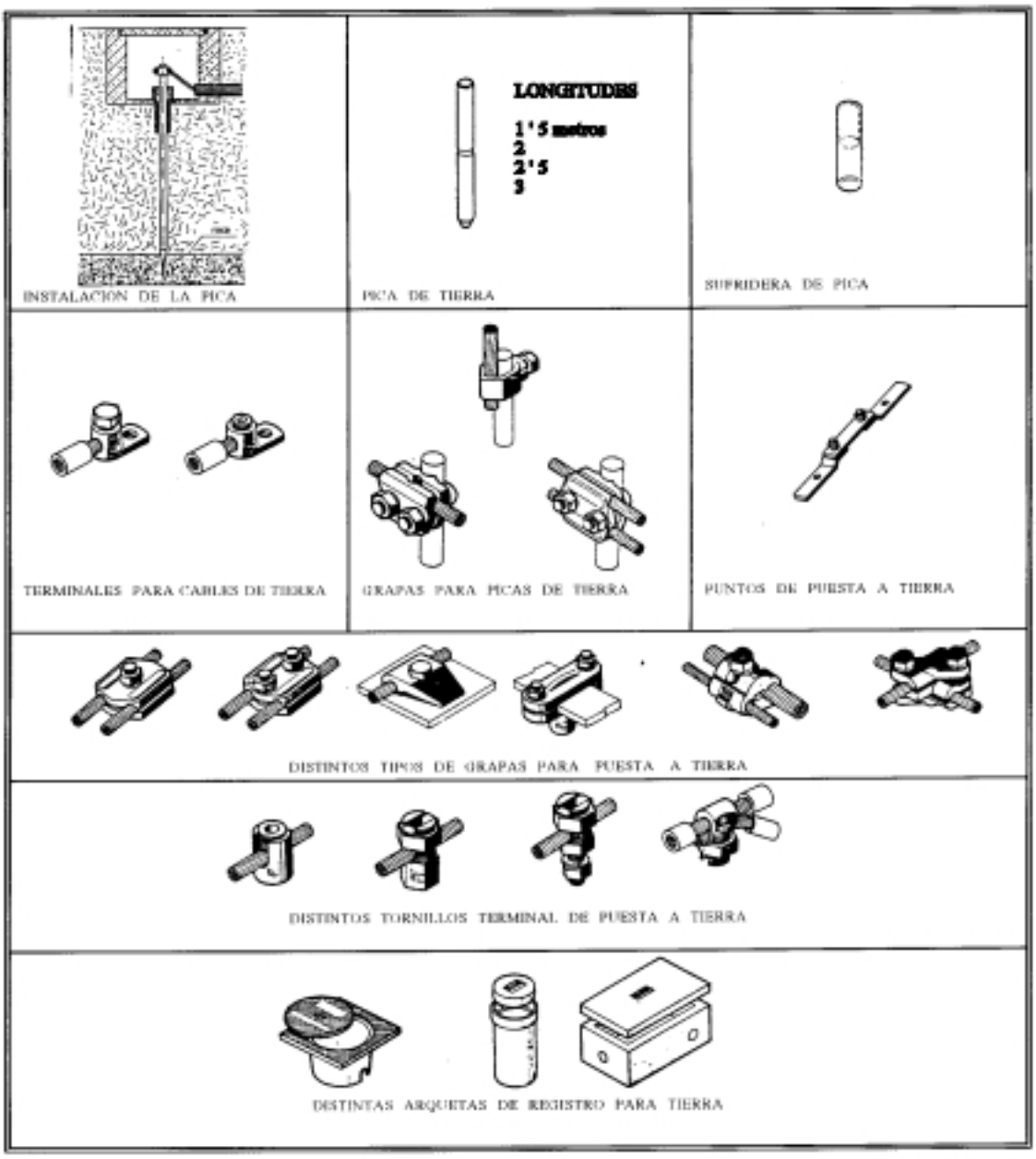


Figura 37 COLOCACIÓN DE LA TOMA DE TIERRA

En la figura 38 se amplía la vista de la caja de registro para la tierra y los diversos tipos de grapas que se encuentran en le mercado para las instalaciones del conductor de protección en los cuadros y armarios.

Cuando se hace una instalación de puesta a tierra de una armario, ha de tenerse en cuenta que solo puede haber una única tierra, todas las derivaciones, partirán de este único punto y nunca se usaran puntos de puesta a tierra en serie.

Cuando se use conductores aislados estos serán del color amarillo-verde. También se usa conductores de tierra sin funda, en forma pletina flexible, para unir partes metálicas sometidas a movimiento, como las puertas de los armarios.



En párrafo 12 de la citada ITC-BT 18, se concreta cada cuanto tiempo ha de revisarse las puestas a tierra, especificándose dos tiempos diferentes, y en qué época del año es más conveniente ¿Lo recuerda? (Ver página 45 del tema 7 módulo 3)

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 4
Supervisión y control
de instalaciones y personal

Tema 4

Reparación de averías en campo
On-line off-line

Tema 4

Reparación de averías en campo On-line y off-line

Índice

1. Autómata TSX 17 1
2. Automatismo SIMATIC 67.200 (Siemens) 2
3. Acceder a las funciones de estado 2
4. Crear una tabla de estado 3
5. Borrar y guardar tablas de estado 6
6. Visualizar tabla de estado 15
8. Utilidades de PLC 18
9. Trabajar con áreas de datos 39
10. Acceder a las funciones de áreas de datos 40
11. Búsqueda y sustitución global 42
12. Generar una tabla 45
13. Impresión 46
14. Realizar entradas en el menú de configuración 49
15. Mensajes de STEP 7 Micro/DOS 51

Tema 4

Reparación de averías en campo On-line y off-line

1. AUTÓMATA TSX 17.

El terminal de programación puede visualizar varios mensajes de defecto:

CNV imposible Conversión de un programa de 24K a 8K imposible (programa superior a 8k).

Defecto magneto X=0: señal
X=1: cheksum (control)
X=2: cantidad de artículos
X=3: comparación
X=4: reconocimiento

Defecto EPROM Defecto de la memoria **EPROM** del terminal de programación.

Defecto RAM. Defecto de la **RAM** del terminal de programación.

Defecto mem. prog Memoria no inicializada, realizar un "Clear memory" **CLM**.

Impos. en RUN Poner el PLC en **STOP** y después retomamos la operación.

Memoria llena No hay más espacio de memoria disponible. Modificar el tamaño de la memoria de 8K a 24K.

Prog. protegido El programa no se puede leer, ya que ha sido protegido al efectuar la transferencia a **EPROM**. Solo se puede ejecutar.

Imposib. codigo ? La operación pedida requiere la puesta en **STOP**.

Rechazo TSX Pedido del terminal de programación rechazado por el PLC. Ejemplo: Pedir una puesta en **RUN** a partir del terminal de programación si la entrada **I0,00**, está configurada en **R/S**, está en **STOP** (interruptor en posición de reposo).

No contesta TSX El terminal de programación no reconoce el **PLC** al que está conectado.

2. AUTOMATISMO SIMATIC S7.200 (SIEMENS).

FUNCIONES DE ESTADO.

Una vez que haya introducido el programa y se haya cargado al autómata programable, **STEP 7-Micro/DOS** proporciona las funciones de búsqueda y corrección de errores.

Se pueden elaborar tablas de estado para utilizarlas en modo ON-LINE conforme se va ejecutando el programa. Para mayor flexibilidad, también **se pueden elaborar tablas de estado en modo off-line.** Se pueden incluir los elementos listados en la tabla 1 en la tabla de estados:

Elementos válidos		
I, IB, IW, ID	AIW	HC
Q, QB, QW, OD	T	SM, SMB, SMW, SMD
M, MB, MW, MD	C	V, VB, VW, VD

TABLA 1: LISTA DE ELEMENTOS PARA LAS TABLAS DE ESTADO.

Se puede observar el estado de los siguientes tipos de elementos, mientras se encuentre en la visualización del estado en **KOP**.

- Contacto (normal, inmediato y de relación)

- Bobinas (desconectada, desconectada inmediata, conectada, conectada inmediata, reiniciada y reiniciada inmediata).

- Temporizadores y contadores.

3. Acceder a las funciones de estado.

Para acceder a los menús de estado, se procederá de la siguiente manera en la pantalla inicial:

1º Pulsar **ON-LINE-F4**.

2º Seleccionar la dirección de la estación.

3º Pulsar **Enter**.

4º Pulsar la barra espaciadora.

5º Seleccionar bien **ESTADO-F7** o **TABLA-F8**.

Siempre que se seleccione estado o tabla, se puede saltar entre el estado **KOP** y la tabla de estado con **F8**.

El estado se actualiza automáticamente en las visualizaciones del estado y de la tabla. Mientras que el estado se encuentra activado, aparece en la pantalla el mensaje **ACTUALIZACIÓN EN CURSO**. Los mensajes de error no siguen apareciendo en pantalla , sino que son sustituidos en el ciclo siguiente por el mensaje nuevo.

En cualquier momento que se requiera una introducción de tipo de elemento mientras se encuentra en las funciones de estado, podremos acceder a la pantalla que nos da los tipos de introducciones válidas para ese campo. Pulsamos **Shift ?** para visualizar la lista de elementos.

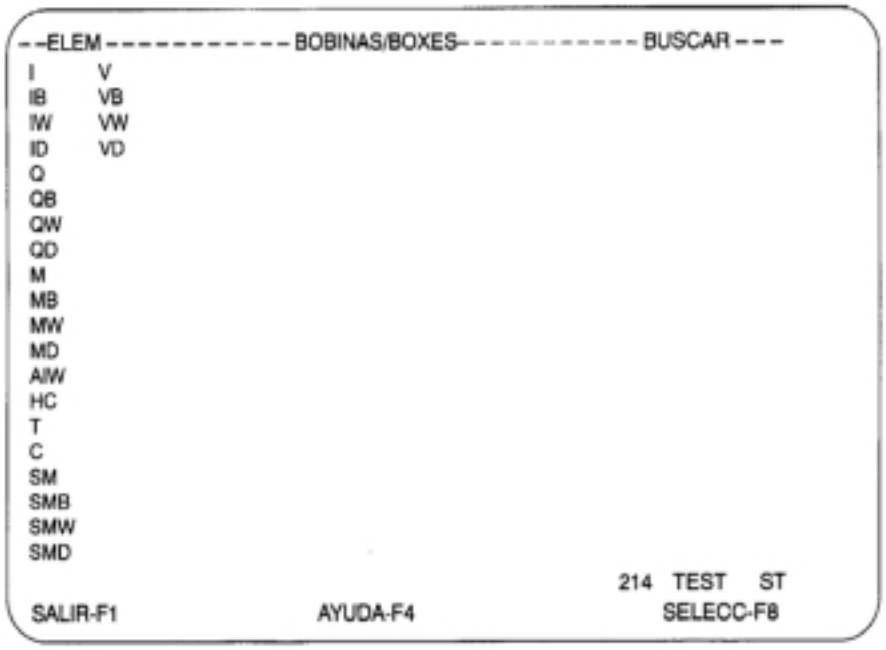


FIGURA. 1.- LISTA DE ELEMENTOS EN LA ESTRUCTURA DE LA TABLA.

4. CREAR UNA TABLA DE ESTADO.

Para llamar a la pantalla de constitución de tablas de estado, proceder de la siguiente manera a partir de la pantalla inicial:

1º Pulsar **ON-LINE-F4**.

2º Seleccionar la dirección de la estación.

3º Pulsar **Enter**.

4º Pulsar la barra espaciadora.

5º Pulsar **TABLA-F8**.

6º Pulsar **TABLA-F3**.

O

1º Pulsar **Off-line-F8.**

2º Pulsar la barra espaciadora.

3º Pulsar **TABLA-F8.**

Introducir el tipo de elemento y el número de identificador. Si de quiere cambiar el formato numérico de la pantalla, seguir los pasos que se da en el párrafo, "Modificar el formato numérico", antes de sacar el cursor de la entrada.

Se puede realizar un máximo de **57 entradas** por cuadro.

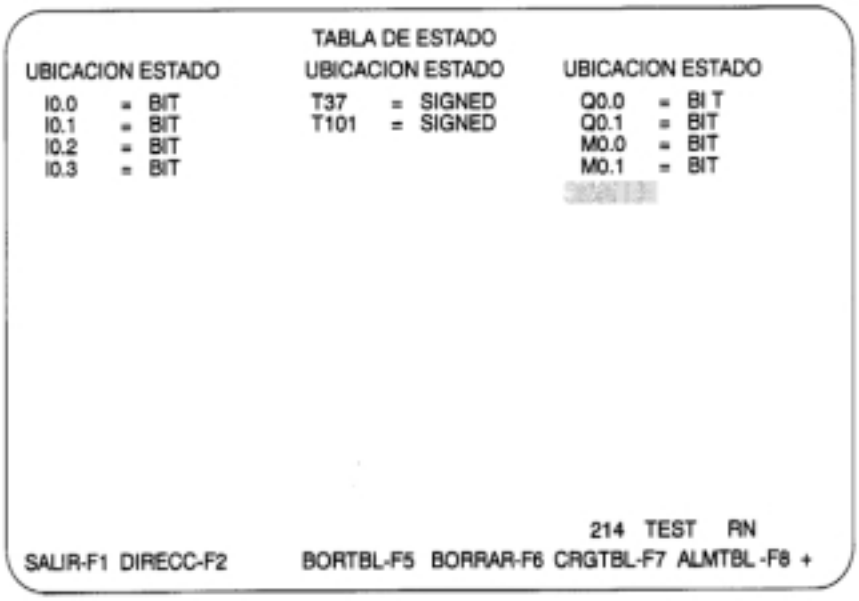


FIGURA 2 CONSTITUCIÓN DE UNA TABLA DE ESTADO.

Usar las teclas de cursor para desplazar el cursor al campo siguiente, o desplazar el cursor de campo a campo con **Enter** si se desea introducir elementos secuenciales.

Si se comete un error mientras se está constituyendo una tabla, debe de corregirse antes de desplazar el cursor o salir de la pantalla.

Cuando se introducen emplazamientos consecutivos en una tabla de estados, en vez de pulsar las teclas del cursor después de realizar una entrada, se puede utilizar **Enter** para desplazarse al campo siguiente. El programa introduce automáticamente. Por ejemplo, si se introduce **I0.0** y se pulsa **Enter**, **I0.1** se visualiza y así sucesivamente.

Para **ajustar el movimiento del cursor** de la tecla de retorno (Entrar), se usa **DIRECC-**

F2. Cuando se pulse **DIRECC-F2**, se tendrá tres opciones para el movimiento del cursor.

< **IZ>DR-F2:** Desplaza el cursor de izquierda a derecha después de un retorno.

< **DR<IZ-F3:** Desplaza el cursor de derecha a izquierda después de un retorno.

< **AR>AB-F4:** Desplaza el cursor de arriba hacia abajo después de un retorno.

Seleccionar el movimiento del cursor deseado pulsando la tecla correspondiente (**F2, F3**, o **F4**). Pulsar **SALIR-F1**. Después continuar con las entradas.

< Para el formato de palabra, la dirección del elementos se incrementa en 2.

< Para el formato de palabra doble, la dirección del elemento se incrementa en 4.

< El formato **ASCII** se incrementa en el número de bytes seleccionado.

< Todos los demás formatos se incrementan en uno.

Cuando se llegue al final de los emplazamientos de memoria para un tipo de memoria concreto, el programa duplicará el último elemento sin incremento.

Utilizando las características **ASCII** se puede **visualizar el contenido de los emplazamientos** de la memoria de elementos de bytes en caracteres **ASCII**. Para crear una visualización, proceder de la siguiente manera a partir del menú de constitución de tablas.

1. Introducir la dirección deseada, como por ejemplo **VB100**.
2. Pulsar la barra espaciadora para visualizar las teclas de función de formato, y a continuación **ASCII-F5**.

   Aparecerá un **prompt** pidiendo el número de bytes a visualizar en la secuencia que empieza por la dirección introducida más arriba.
3. Introducir el número de byte (1-16).
4. Pulsar **Enter** o **ENTRAR-F8**.

Para **modificar un formato de visualización** numérico, de procede de la siguiente manera:

1º Pulsar la barra espaciadora para visualizar las teclas de función del formato.

2º Seleccionar el formato pulsando la tecla de función que corresponde al formato de visualización que deseamos para el elemento en cuestión.

Si selecciona un formato no permitido para un tipo de elemento concreto, aparecerá un mensaje de error en pantalla para decirle que el formato no está

permitido.

5. BORRAR Y GUARDAR TABLAS DE ESTADO.

Para borrar un sólo emplazamiento en una pantalla, se procede de la siguiente manera a partir de la pantalla de constitución de tablas.

Para **borrar un sólo emplazamiento**, proceder de la siguiente manera:

1º Utilizando las teclas de cursor, colóquese el cursor en el emplazamiento a borrar.

2º Pulsar **BORRAR-F6**.

Para **borrar una tabla entera**, se procede de la siguiente manera:

1º Pulsar **BORTBL-F5**.

2º Pulsar **SI-F2**.

Una vez realizadas las entradas en una tabla de estado, se procede de la siguiente manera **para guardar el cuadro.**

1º A partir del menú de constitución de tablas, pulsar **ALMTBL-F8**.

2º Se puede usar las teclas de cursor para posicionar el cursor en un nombre de archivo en la ventana, o introducir un nuevo nombre de archivo al aparecer el prompt.

3º Pulsar **SELECC-F8** o pulsar **Enter**.

6. VISUALIZAR TABLA DE ESTADO.

Se pueden reclamar las tablas guardadas. Esto permite monitorizar, buscar y corregir los errores de diversos emplazamientos en los programas, sin tener que volver a constituir una tabla cada vez.

Para cargar una tabla guardada, proceder de la siguiente manera a partir de la pantalla de la tabla de estado o de constitución de tablas. Recordar que la tabla recién abierta sobrescribirá la visualización de la tabla actual.

1º Pulsar **CRGTBL-F7**.

2º Se puede utilizar las teclas de cursor para posicionar el cursor sobre el nombre de archivo en la ventana, o bien introducir el nombre del archivo al aparecer el prompt.

3º Pulsar **SELECC-F8** o pulsar **Enter**.

En la tabla 2 hay una lista de ejemplos de estado correspondiente a elementos con diferentes formatos numéricos.

Estado del PLC	Tabla de estado	Descripción
Bit On Bit Off	I0.1 = ON Q1.6 = OFF	
Bit T/C	T1 = ON C4 = OFF	Conectado cuando el valor actual es igual o superior al valor preestablecido
Palabra T/C	T1 = 032767 C4 = 000123	Valor actual del temporizador o contador en formato de número entero con signo
Valor de palabra	VW20 = 0000000100100011 VW40 = 000291 VW60 = 0123	Formato binario Formato de número entero con signo Formato hexadecimal o BCD
Doble palabra	VD25 = 00012345678 VD35 = –1985223	Formato de número entero con signo Formato hexadecimal
Real	VD72 = +12.345	Número de coma flotante
ASCII	VB50 = ABCD	

TABLA 2.- EJEMPLOS DE VALORES DE ESTADO.

Para visualizar los sinónimos en tablas de estado en modo ON-LINE, se pulsa **ACTSIN-F6**. Pulsando **F6** de nuevo para volver a la tabla de estado.

Usar las teclas **AvPág** y **RePág** para ir desplazando la visualización página a página; usamos las teclas de cursor flecha hacia arriba o hacia abajo para desplazarse por todas las filas de la tabla.

Visualizar el estado KOP.

La visualización del estado en **KOP**, proporciona acceso al estado y a las funciones de búsqueda y corrección de errores en **KOP**. Pulsando la barra espaciadora para acceder a las funciones de visualización de sinónimos y comentarios.

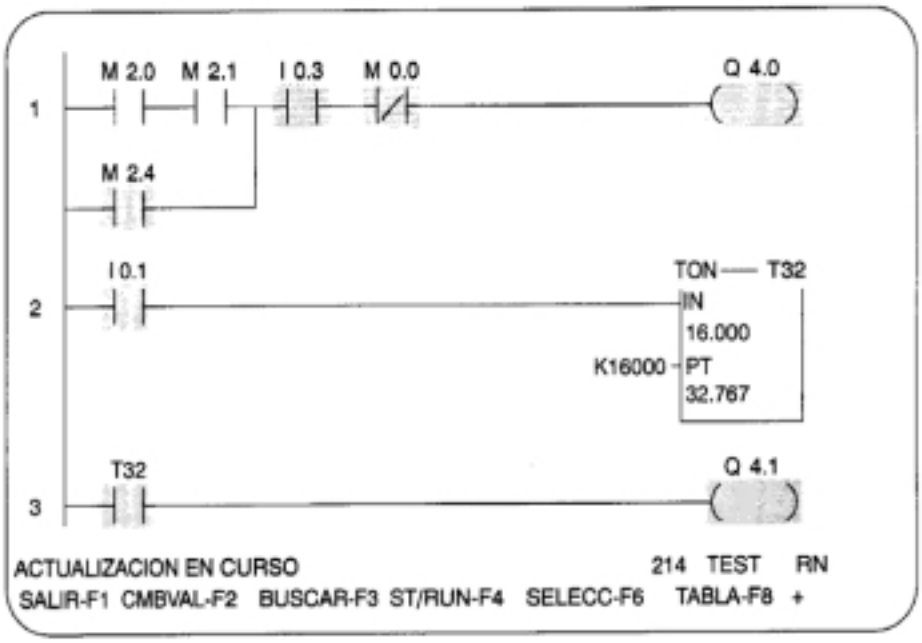


FIGURA 3 VISUALIZAR EL ESTADO EN KOP.

Se muestra el estado para los elementos de visualización en **KOP** tal como se indica en la tabla 3. Las zonas señaladas se encuentran en vídeo invertido en la pantalla.

El estado para bobina de elementos múltiples se indican solo para el primer elemento.

Elemento	Visualización	Descripción
TON, TONR (cuadros de entrada única)	T32 16.000 32.767 (estado sólo en formato decimal)	El bit queda seleccionado cuando se prese lecciona la corriente >=. El número supe- rior indica el valor preestablecido; el nú- mero inferior indica el valor actual.
CTD, CTDU (cuadros de entrada única)	C100 10000 9215 (estado sólo in decimal formato)	El bit queda seleccionado cuando se prese lecciona la corriente >=. El número supe- rior indica el valor preestablecido; el nú- mero inferior indica el valor actual.
Contactos de relación	Verdad: 123 123 ⊣ ==B ⊢ Falso: 123 56 ⊣ ==B ⊢	Los números visualizados son los valores actuales que están siendo comparados. Si la comparación es verdadera, se selec- ciona el contacto.
Contactos normal- mente abiertos (regulares e inmedia- tos)	On: I0.1 ⊣ ⊢ Forzado: I0.1 ⊣ ⊢ Off: I0.1 ⊣ ⊢	Si el bit está conectado, se selecciona el contacto. Si el bit está forzado, se selecciona el bit.
Contactos normal- mente cerrados (re- gulares e inmediatos)	On: I0.1 ⊣/⊢ Forzado: I0.1 ⊣/⊢ Off: I0.1 ⊣/⊢	Si el bit está desconectado, se selecciona e contacto. Si el bit está forzado, se selecciona el bit.
Bobinas de salida (regulares e inmedia- tas)	On: Q0.1 —( ) Forzado: Q0.1 —( ) Off: Q0.1 —( )	Si el bit está conectado, se selecciona la bobina. Si el bit está forzado, se selecciona el bit.
Bobinas ajustadas y reajustadas (regulares e inmedia- tas)	On: I0.1 VB2 —( ) Forzado: I0.1 VB2 —( ) Off: I0.1 VB2 —( )	Si el bit está conectado, la bobina se selec ciona. Si el bit está forzado, se selecciona el bit. Si hay una gama de bits específica para la bobina, sólo aparece en pantalla el estado del primer bit.

TABLA 3 VISUALIZACIÓN DEL ESTADO.

Visualizar el estado en AWL.

Para poder visualizar el estado de programa en **AWL** es necesario crear primero una tabla de estado.

Partiendo de la pantalla de **AWL**, se procede de la siguiente forma para acceder a cargar una tabla de estado:

1º Pulsar la **BARRA ESPACIADORA** para acceder al menú de las teclas de función secundarias.

2º Pulsar **ESTADO-F7**.

3º Aparece una pantalla de estado como la que se encuentra en la figura 8-4. Por defecto, la tabla que aparece en la pantalla es la última que se creó o que se editó. Para seleccionar otra tabla, pulsar **SELTBL-F4**. Si desea usar la tabla actual en la RAM, pulsar **ACTUAL-F3**.

4º Utilizando la tecla con flecha, se mueve el cursor al campo **LÍNEAS**. Introducir el número de líneas (1-13) de la tabla seleccionada que se desee visualizar .

5º Pulsar **ENTRAR-F8** para confirmar la selección.

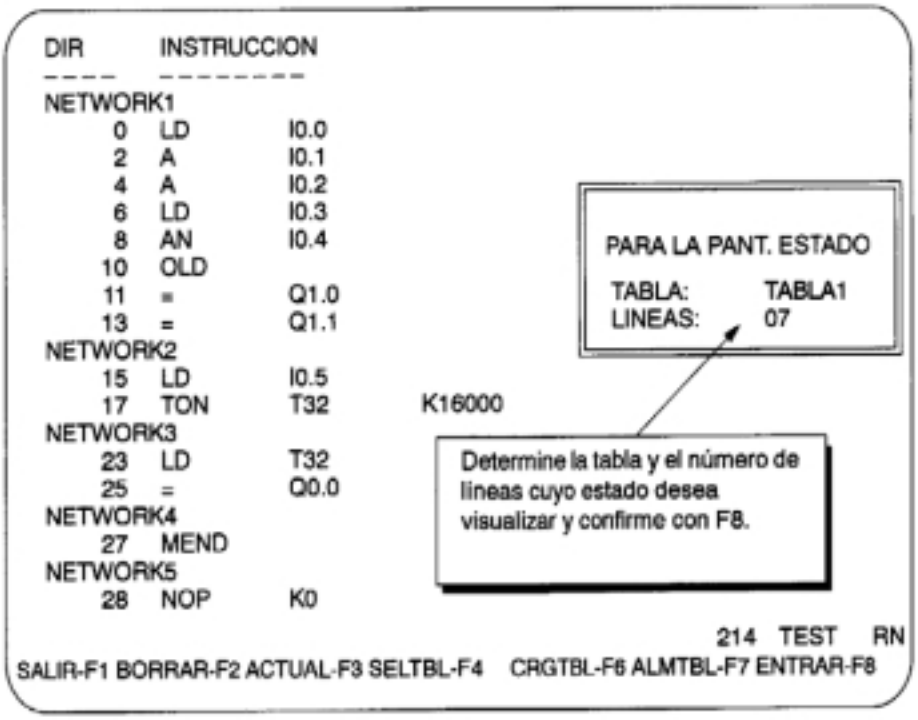


FIGURA 4 PANTALLA DE LA TABLA DE ESTADO.

El estado de la lista de instrucciones se visualiza de forma similar al ejemplo que se muestra en la figura 5.

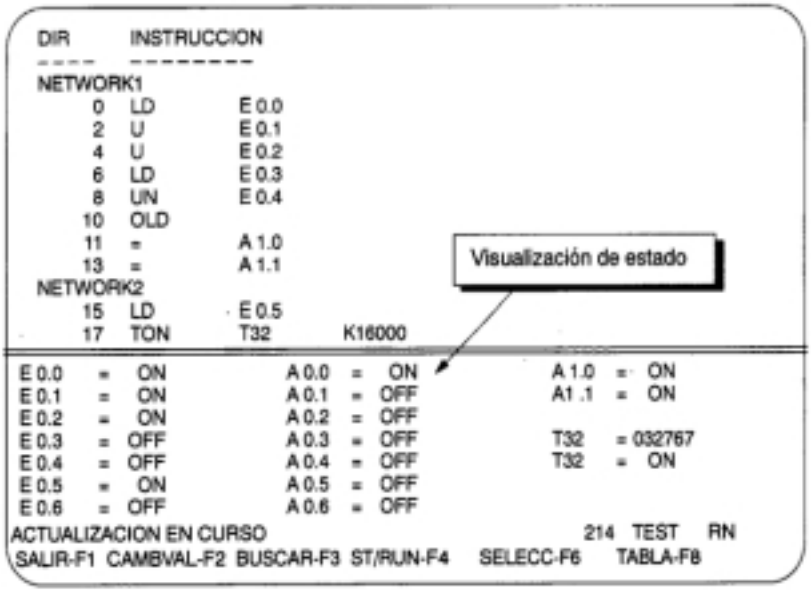


FIGURA 5.- VISUALIZACIÓN DE ESTADO EN AWL.

- Para conmutar entre la pantalla de la tabla de estado entera y la pantalla combinada, pulsar **TABLA-F8/ESTADO-F8**. Así es posible editar la tabla de estado.

- Según se muestra en la figura 8-5, para acceder de nuevo a la pantalla de visualización del estado, se puede pulsar **SELECC-F6** y seleccionar luego otra tabla o especificar un número diferente de líneas para la visualización del estado. Asimismo es posible guardar en forma de tabla dicha configuración de estado, pulsando a tal efecto **ALMTBL-F7**, o bien, cargar otra tabla, pulsando **CRGTBL-F6**.

Si la visualización de estado oculta una parte del programa **AWL**, es posible mostrar las partes ocultas del mismo avanzando hacia adelante o hacia atrás de la forma habitual.

Buscar segmento y elementos.

Para monitorizar, **buscar y corregir** errores en los programas **KOP**, visualizar primero la parte del programa **KOP** que se necesita, proceder de la siguiente manera:

1º Pulsar **BUSCAR-F3**.

2º Pulsar **DIR-F2** o **SEG-F3**.

3º Cuando aparezca el prompt, introducir la dirección del segmento o el número de segmento que se desea que aparezca en pantalla.

4º Pulsar **Enter**.

Para utilizar la **función de búsqueda** en la localización de elementos, proceder de la siguiente manera:

1º Después de pulsar **BUSCAR-F3**, introducir el tipo de elemento deseado y el identificador, cuando aparezca el prompt.

2º Pulsar **Enter** para iniciar la operación de búsqueda.

Para mostrar el estado **KOP** en segmento secuenciales, utilizar las teclas **AvPág** y **RePág**.

Visualizar sinónimos y comentarios en estado KOP.

Se pueden visualizar sinónimos para sus segmentos **KOP** mientras se encuentre en la función de estado. Para activar la visualización de sinónimos, proceder de la siguiente manera a partir de la pantalla **KOP**.

1º Pulsar la barra espaciadora.

2º Pulsar **ACTSIN-F2**.

Se pueden visualizar comentarios para los segmentos **KOP**, encontrándonos en la función de estado. Para activar la visualización de comentarios, proceder de la siguiente manera a partir de la pantalla **KOP**.

1º Pulsar la barra espaciadora.

2º Pulsar **ACTCOM-F1**.

Modificar valores (CMBVAL).

La función para modificar valores activa las funciones de lectura y escritura de elementos y las funciones de forzado/desforzado para elementos. Para acceder a ella, pulsar **ESTADO-F7** o **TABLA-F8** a partir de la pantalla **KOP**. Las funciones para modificar valores son las mismas desde ambos puntos de entrada.

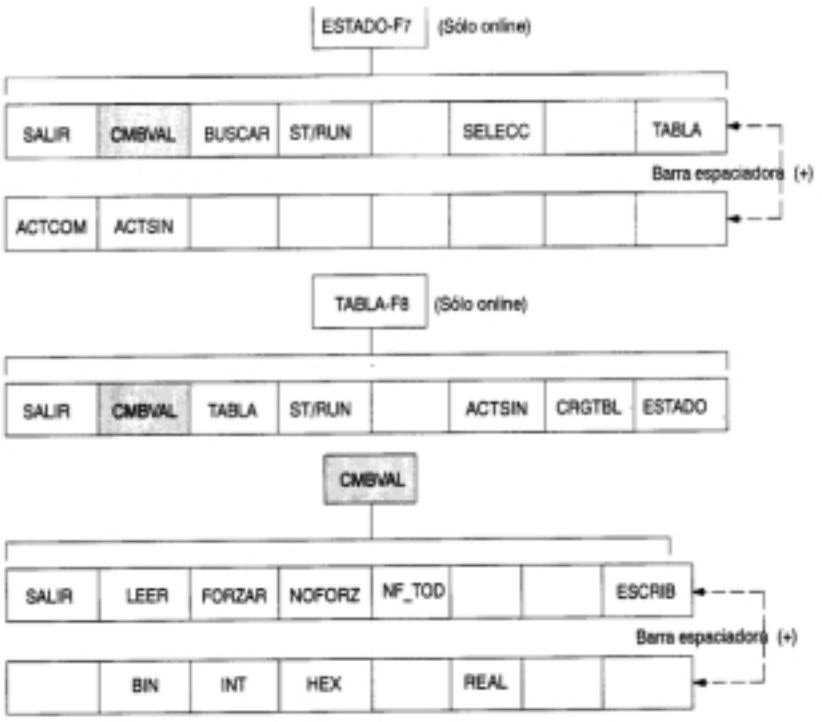


FIGURA 6.- FUNCIONES DE EDICIÓN EN LA TABLA DE ESTADO.

Una vez que se haya seleccionado la función para modificar valores (CMBVAL), aparece un prompt para introducir el tipo de elemento y el identificador. Esta línea indica el formato actual y el estado de forzado el tipo de elemento e identificador. El

estado de forzado queda indicado por la palabra **FORZADO** a la derecha del formato. Si no aparece en la pantalla la palabra **FORZADO**, el elemento no está forzado.

Mientras que no se encuentre en la función modificar valores de la tabla de estado, la pantalla principal continúa actualizándose. Todos los mensajes de error y de información aparecen en la pantalla hasta que se pulse una tecla. Si no aparecen en la pantalla mensajes de error o de información, aparecerá el mensaje

ACTUALIZACIÓN EN CURSO.

Los formatos numéricos que se hayan seleccionado para determinados tipos de elementos afectan a la manera en la cual se use la función para modificar valores.

Cuando se utiliza la función para modificar valores, se puede usar las teclas de función **F9** y **F10** de la siguiente manera:

- **F9** incrementa la dirección de elemento.
- **F10** diminuye las direcciones
- Ambas teclas realizan una lectura con el cambio de dirección, siempre y cuando la operación que se realizaba antes de utilizar las teclas **F9** y **F10**, fuera de la lectura.
- Si antes de pulsar las teclas **F9** o **F10**, la operación que había no era una lectura, entonces no se realiza la lectura.

Leer o cambiar el valor de un elemento.

Para leer el valor de un elemento, se procede de la siguiente manera a partir de la tabla de estado.

1º Pulsar **CMBVAL-F2**.

2º Al aparecer el **prompt**, introducir el tipo de memorias y el identificador a leer.

3º Si hubiera que cambiar el formato de visualización, seleccionar el formato deseado antes de ir al paso siguiente.

4º Pulsar **LEER-F2**. El mensaje, **VALOR ACTUAL**, aparece en la pantalla.

Para minimizar los daños potenciales al personal y a la unidad, no introducir valores en modo **RUN**, de lo contrario se podría afectar seriamente la seguridad a nivel del sistema.

Un cambio realizado en la tabla de estado o en el estado **KOP** actualiza el programa

según se va introduciendo. Si se hace en modo **RUN**, este cambio entra en vigor tan pronto como el controlador lo lee.

Se debe tener mucho cuidado al utilizar la función de escritura de la aplicación.

Para introducir un valor a un elemento en una visualización en **KOP** o de la tabla de estado, proceder de la siguiente manera:

1º Pulsar **CMBVAL-F2**.

2º Al aparecer el prompt, introducir el tipo de memoria e identificador para el elemento que cambia de valor.

3º Si hay que cambiar el formato de visualización, seleccione el formato deseado antes de ir al paso siguiente. Pulsar la barra espaciadora para visualizar las selecciones de formato.

4º Usar la tecla de cursor flecha hacia la derecha para colocar el cursor en el campo de valor.

5º Introducir el nuevo valor.

6º Pulsar **ESCRBR-F8**. Aparecerá en pantalla el mensaje **VALOR ESCRITO**.

Forzar y desforzar elementos.

Estando en modo cambio de valor (**CMBVAL**), se puede forzar o desforzar elementos de bit de entrada (**I**) o salida (**Q**).

Para forzar un elemento, proceder de la siguiente manera:

1º Introducimos el elemento y el identificador al aparecer el prompt.

2º Pulsar la tecla cursor flecha hacia la derecha para desplazar el cursor al campo de on/off y seleccionamos el estado del elemento. Podemos introducir **ON** (o **N**, o **1**) u **OFF** (o **F**, o **0**).

3º Pulsar **FORZAR-F3** para forzar el elemento. **FORZAR** aparece entonces en la línea del prompt y aparece **ELEMENTO FORZADO** en la línea de mensaje.

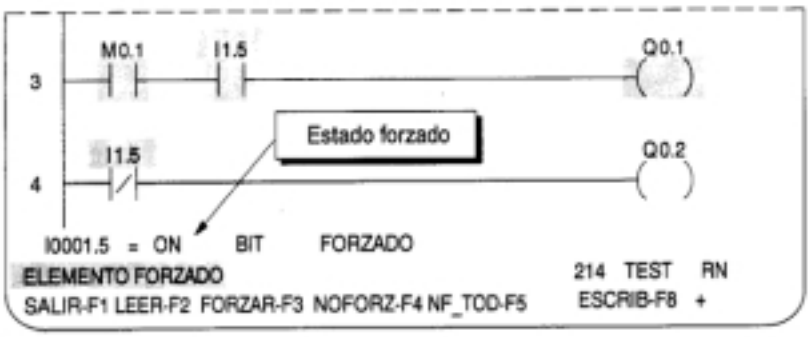


FIGURA 7 VISUALIZAR FORZAR/NO FORZAR.

Para desforzar un elemento, proceder de la siguiente manera:

1º Introducir el elemento y el identificador al aparecer el prompt.

2º Pulsar **NOFORZ-F4** para desforzar un solo bit o pulsar **NF_TOD-F5** para desforzar todos los elementos al estado indicado por la lógica del programa.

El mensaje **ELEMENTO DESFORZADO** aparece cuando se desfuerza un solo elemento.

El mensaje **VALOR ACTUAL** aparece cuando se desfuerzan todos los elementos.

7. VISUALIZAR UN ESQUEMA DE CONTACTOS CON TABLA DE ESTADO.

Se puede crear una visualización del estado **KOP** que incluya segmentos **KOP** y la tabla de estado de hasta 13 líneas simultáneas pulsando **SELECC-F6** a partir de la visualización del estado **KOP**. La tabla de selección que se indica en la figura 8-8 aparece en pantalla.

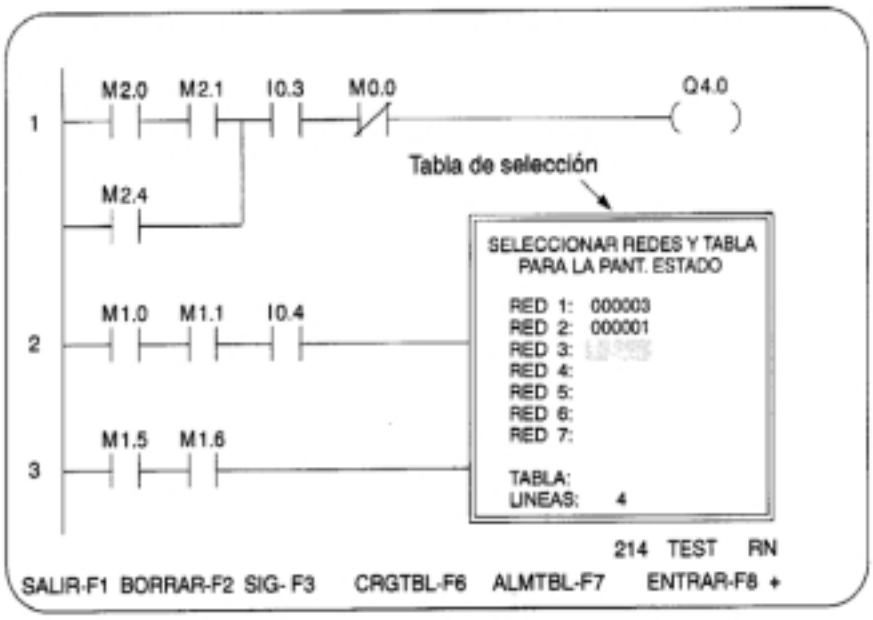


FIGURA 8 TABLA DE SELECCIÓN PARA LA TABLA DE ESTADO.

Para crear una visualización que contiene los segmentos **KOP** y la tabla de estado, se procede de la siguiente manera:

1º Se pulsa **SELECC-F6** en la visualización del estado en **KOP**.

2º Se introducen los números de segmento deseados. Desplazar el cursor de campo a campo con las teclas de cursor flecha hacia arriba y hacia abajo. Si se desea que aparezcan segmentos secuenciales en su visualización, desplazar el cursor con la tecla cursor hacia abajo y pulsar **SIG-F3**.

Observe en las introducciones de ejemplo a la tabla de selección que los segmentos que introduce no tienen que ser secuenciales. Se pueden seleccionar siete segmentos cualquiera del programa **KOP** para la visualización. También se pueden seleccionar segmentos para visualizarlos sin visualizar la tabla.

Pulsar **BORRAR-F2** para borrar la entrada que aparece debajo del cursor.

3º Para especificar una tabla para la visualización, desplazar el cursor al campo de tabla.

4º Para utilizar la tabla actual que ya se encuentra en RAM, pulsar **ACTUAL-F3**.

Para seleccionar otra tabla para su visualización, pulsar **SELTBL-F4** para seleccionar la tabla a cargar. Después, pulsar **SELECC-F8** o **Enter**.

5º En el campo **LINEAS**: escribir el número de líneas (1-13) a visualizar en la tabla que se ha seleccionado.

6º Pulsar **ENTRAR-F8** para visualizar la selección.

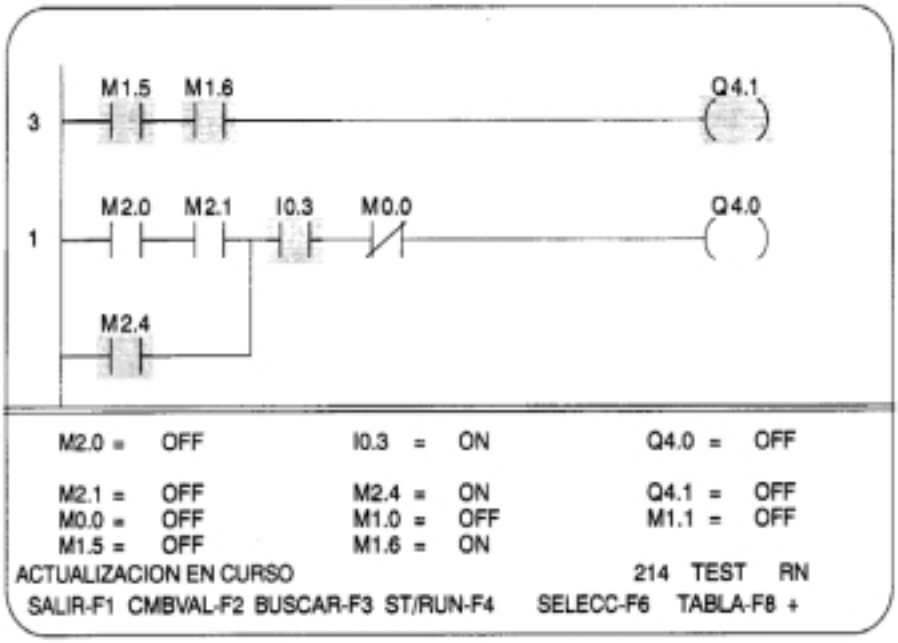


FIGURA 9 VISUALIZAR SEGMENTOS Y LA TABLA DE ESTADO.

Usar las teclas cursor hacia arriba/abajo para desplazarse por los segmentos seleccionados. Para devolver a la visualización secuencial de los elementos, pulsar las teclas **AvPág** o **RePág**. Si selecciona una tabla a visualizar con los segmentos, la tabla permanecerá hasta que salga de la función de selección pulsando **SALIR-F1**.

Guardar y cargar tabla de selección.

Para guardar una tabla de selección, se procede de la siguiente manera:

1º Se pulsa **ALMTBL-F7**.

2º Se puede usar las teclas de cursor sobre un nombre de archivo en la ventana, o introducir el nombre de un archivo al aparecer el prompt.

3º Pulsar **SELECC-F8** o **Enter**.

Para cargar la tabla de selección que se ha guardado previamente, proceder de la siguiente manera:

1º Pulsar **CRGTBL-F6**.

2º Se pueden utilizar las teclas de cursor para colocar el cursor sobre un nombre de archivo en la ventana, o introducir el nombre de un archivo al aparecer el prompt.

3º Pulsar **SELECC-F8** o pulsar **Enter**.

Cambiar el modo operativo del PLC.

Pulsando **ST/RUN-F4** en la pantalla de estado de la tabla o **KOP** para cambiar el modo operativo del PLC. Aparecerá una pantalla con teclas de función tal como la que se indica en la figura 10.

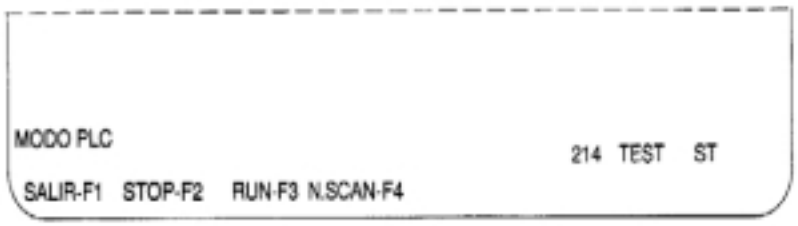


FIGURA 10 VISUALIZAR EL MODO OPERATIVO.

Ajustar el selector de modo del PLC en la posición **TERM** antes de cambiar los modos operativos.

Para cambiar el modo operativo del PLC, pulsar una de las siguientes teclas de función:

- **STOP-F2** coloca el PLC en modo **STOP**.
- **RUN-F3** coloca el PLC en modo **RUN**, empezando la ejecución del programa en el PLC.
- **NSCAN-F4** permite entrar en el modo **RUN** desde el modo **STOP** para un número específico de ciclos.

8. UTILIDADES DEL PLC.

Algunas de las utilidades de PLC se encuentran disponibles tanto en modo **ON-LINE** como off-line. La mayoría de utilidades, no obstante, solo se encuentran disponibles en modo ON-LINE. Las funciones Utilidades del PLC incluyen, pero no se limitan, a los siguientes tipos:

- Ajuste de la contraseña del PLC, utilidad 11 (ON-LINE u off-line).
- Establecimiento de las gamas retentivas, utilidades 12 (ON-LINE u off-line).
- Borrado de memoria del PLC, utilidades 30 a 33 (solamente ON-LINE).
- Guardar memoria desde el PLC, utilidades 60 a 63 (solamente ON-LINE).
- Cargar memoria al PLC, utilidades 90 a 93 (solamente ON-LINE).
- Cambio del modo operativo del controlador, utilidad 21(solamente ON-LINE).

Para visualizar el menú Utilidades de PLC, pulsar la barra espaciadora, entonces aparece **ÚTILES-F6** desde la pantalla KOP. La figura 8-11 muestra las funciones disponibles a partir del menú Utilidades de PLC en modo ON-LINE.

FIGURA 11 MENÚ DE UTILIDADES DE PLC.

SALIR-F1 devuelve la pantalla KOP en modo ON-LINE.

TITULO-F2 permite leer el título del programa que se esté usando.

PROGMS-F7 para acceder al sistema de administración de archivos. Para introducir el nombre del programa a utilizar con la utilidad que se haya seleccionado. También se pueden utilizar las funciones de administración de archivos a partir de este punto de acceso.

Borrar la memoria del PLC (utilidades 30 a 33).

Cuando se accede a la pantalla Utilidades del PLC, el cursor está situado en el campo 00 del prompt

INTRODUCIR NÚMERO DE UTILIDADES DEL PLC.

Este campo opera como si fuera una calculadora de introducción de números. Cuando se rellene el campo, el siguiente dígito que se escriba se borra el campo e inserta ese dígito

Haciendo uso de las **utilidades 30 a 33 para borrar la memoria del controlador**. Cada utilidad borra los bloques de memoria de la siguiente manera:

- **Utilidad 30:** Borra todo los bloques de memoria (**OB1, DB1, SDB0**) y la tabla de salidas.
- **Utilidad 31:** Borra el bloque del programa (**OB1**).
- **Utilidad 32:** Borra el bloque de datos (**DB1**) y toda la memoria V
- **Utilidad 33:** Borrar la memoria del sistema (**SDB0**).

Para ejecutar Aux 30, 31, 32 o33, proceder de la siguiente manera:

1º Introducimos el número correspondiente al aparecer el prompt:

NÚMERO DE LA UTIL. PLC:00

2º Entonces pulsar **Enter**. Recibirá el mensaje:

BORRAR <área de memoria seleccionada**> DEL PLC?**

3º Se confirma pulsando **SI-F2**.

Cargar la memoria al PLC (utilidades 90 a 93).

Utilizar las **utilidades 90 a 93 para descargar los bloques de memoria** especificados en un programa entero, desde el disco duro al PLC. Cada utilidad carga memoria al controlador de la siguiente forma:

- **Utilidad 90:** Carga todos los bloques de memoria (**OB1; DB1, SDB0**) y la tabla de salidas.
- **Utilidad 91:** Carga bloques de programa (**OB1**).
- **Utilidad 92:** Carga bloques de datos (**DB1**).
- **Utilidad 93:** Carga memoria del sistema (**SDB0**).

El **SDB0** (bloque de datos de sistema 0) puede contener los siguientes parámetros: dirección de estación, contraseña, rangos retentivos y tiempos de retardo de las entradas.

Para **ejecutar las utilidades 90, 91, 92, o 93**, procedemos de la siguiente manera:

1º Introducir el número correspondiente al aparecer el prompt siguiente:

NÚMERO DE LA UTIL. PLC:00

2º Pulsar **Enter**.

3º Recibir el prompt indicado en la figura 8-12. Si se desea que el programa actual se cargue a la memoria del PLC, pulsar **SI-F2**.

Para cambiar a otro archivo de programa, pulsar **PROGMS-F7** e introducir el nuevo nombre de archivo. Después pulsar **SI-F2**.

FIGURA 12 CARGAR MEMORIA AL PLC.

Cargar la memoria del PLC en el disco duro (utilidades 60 a 63).

Hacer uso de las **utilidades 60 a 63 para guardar los tipos específicos de datos de memoria** desde el PLC al disco duro. Cada utilidad guarda la memoria de la siguiente forma:

– **Utilidad 60:** Guarda todos los bloques de memoria (**OB1, DB 1, SDB0**) y la tabla de salidas.

– **Utilidad 61:** Guarda el bloque del programa (**OB1**).

- **Utilidad 62:** Guarda el bloque de datos (**DB1**).

– **Utilidad 63:** Guarda la memoria del sistema (**SDB0**).

Este último bloque puede contener los siguientes parámetros: dirección de estación, contraseña, rangos retentivos y tiempos de retardo de las entradas.

Para guardar un programa desde el PLC al disco duro, procedemos de la siguiente manera:

1º Introducir el número apropiado al aparecer el prompt:

NÚMERO DE LA UTIL. PLC: 00

2º Pulsar **Enter**.

3º Aparecerá el prompt que se indica en la figura 8-13. Si se desea guardar la memoria del PLC actual en el archivo de programa actual y sobrescribir el contenido actual del mismo, pulsar **SI-F2**.

Para cambiar a otro archivo de programa, pulsar **PROGMS-F7** e introducir el nuevo nombre de archivo. Después pulsar **SI-F2**.

FIGURA 13 PANTALLA DE CONFIRMACIÓN DE GUARDAR MEMORIA.

Ajustar la dirección de estación (utilidad 10).

Se puede ajustar la dirección de estación del PLC en los modos **ON-LINE** y **off-line**:

- Al cambiar la dirección de estación en modo **off-line** se cambia la dirección contenida en la copia **off-line** del **SDB0**.
- Al cambiar la dirección de estación en modo ON-LINE se cambia la dirección contenida en la copia del **SDB0** que hay en el PLC. Este cambio entonces se hace efectivo inmediatamente tan pronto como se actualiza el **SDB0**.

Para cambiar la dirección de la estación, proceder de la siguiente manera:

1º Introducir un 10 al aparecer el prompt del menú de utilidades y pulsar **Enter**.

FIGURA 14 AJUSTAR LA DIRECCIÓN DE ESTACIÓN.

2º Ajustar las direcciones de estación a cualquier valor dentro de la gama válida de 2 a 126.

3º Pulsar **ESCPLC-F5** para introducir la dirección de la estación en la copia del PLC de la **SDB0** (solamente **ON-LINE**).

Ajustar la contraseña del PLC (utilidad 11).

Existe la opción de bloquear el acceso al programa utilizando una contraseña. A la función de contraseña se puede acceder en modo ON-LINE y off-line. Cuando el PLC está protegido por una contraseña a nivel 3, no se puede pasar al modo ON-LINE con STEP 7-Micro/DOS sin introducir la contraseña. Si el PLC está protegido con contraseña a nivel 2, y no se conoce la contraseña, se puede pasar al modo ON-LINE pulsando la barra espaciadora ocho veces al aparecer la solicitud de contraseña. No obstante, se está limitado a las restricciones del nivel 2. Con protección de contraseña, el PLC pedirá que se introduzca la contraseña una vez que se haya seleccionado ON-LINE. Después de introducir la contraseña correcta, se puede entrar en modo ON-LINE sin restricción alguna.

Dado que la contraseña es función del PLC, cualquiera que conozca la contraseña puede entrar desde cualquier unidad de programación o interface del operador. Si el PLC no está protegido con contraseña, no se necesita contraseña alguna para pasar al modo ON-LINE.

En la pantalla de utilidades de PLC, proceder de la siguiente manera para asignar una protección de contraseña al PLC.

1º Introducir el número **11** al aparecer el prompt y pulsar **Enter**. Se recibe el siguiente prompt:

NUEVA: XXXXXXXX

2º Introducir la contraseña. Debe tener ocho caracteres. La contraseña no aparece en pantalla conforme se va introduciendo; permanece el campo **X**. Entonces aparecerá el prompt:

VERIFICAR NUEVA : XXXXXXXX

3º Introducir la contraseña una segunda vez. Aparecerá un prompt para introducir el nivel de restricción:

VERIFICAR NUEVA: XXXXXXXX RESTRICCIÓN: 2

4º Asignación a nivel de acceso restringido (el nivel por defecto es 2. Introducir 3 si se desea el nivel máximo de restricción).

5º Después de verificar la contraseña y asignar una clase de restricción, se guardan las entradas pulsando **ESCPLC-F5** para introducir contraseña al copia del PLC del **SDB0** (solamente ON-LINE).

Si se está en modo off-line, se pulsa **ESCRHD-F3** para introducir la contraseña a la copia de disco del **SDB0**. La contraseña se hace efectiva tan pronto como se cargue la **SDB0** a uno de los PLCs.

La contraseña no puede tener caracteres de control, tildes o caracteres de tabla ASCII superiores no estándar. STEP 7-Micro/DOS convierte todos los caracteres alfabéticos en mayúsculas cuando introducimos la contraseña en el PLC. Todos los demás caracteres alfanuméricos son válidos.

La tabla 4 muestra una lista de las funciones permitidas y no permitidas de acuerdo con el nivel de restricción que establezcamos con la contraseña.

Función de comunicación	Nivel 2	Nivel 3
Leer datos de usuario	Si	No
Introducir datos de usuario	No	No
Arrancar o parar ejecución del programa	Si	No
*Ajustar/leer el reloj de tiempo real	Si	No
Test (funcionalidad: leer)	Si	No
Cargar programas, datos, y configuración en el PG	Si	No
Cargar programas, datos, y configuración an el PLC	No	No
Borrar programa, datos, y configuración	No	No
Test (funcionalidad: introducir, o modificar)	No	No
*Copiar programa, datos, y configuración al cartucho de memoria	No	No

*CPU 214 solamente

TABLA 4 RESTRICCIONES DE ACCESO PARA LOS NIVELES DE CONTRASEÑA.

Para cambiar una contraseña, se procede de la siguiente manera en la pantalla Utilidades de PLC.

1º Se introduce **11** al aparecer el prompt y se pulsa **Enter**.

2º Dado que ya se ha introducido una contraseña válida, se recibe el prompt siguiente:

NUEVA: XXXXXXXX

3º Introducir la nueva contraseña. La contraseña no aparece en pantalla mientras se introduce; el campo **X** permanece. Se recibe el prompt siguiente:

VERIFICAR NUEVA: XXXXXXXX

4º Introducir la contraseña una segunda vez. Aparece entonces el prompt para el nivel de restricción; si es necesario, cambiar el nivel de restricción.

VERIFICAR NUEVA: XXXXXXXX RESTRICCIÓN: 2

5º Después de verificar la contraseña y la clase de restricción, guardar las entradas pulsando **ESCPLC-F5** para introducir la contraseña a la copia del PLC de la **SDB0** (solamente ON-LINE).

Si se está en modo off-line, pulsar **ESCRHD-F3** para introducir la contraseña a la copia del disco de la **SDB0**. La nueva contraseña entra en vigor tan pronto como descargue la **SDB0** al PLC.

Para borrar una contraseña, proceder de la siguiente manera en la pantalla Utilidades de PLC.

1º Introducir **11** al aparecer el prompt y pulsar **Enter**.

2º Dado que ya se ha introducido una contraseña válida, se recibe el prompt siguiente:

NUEVA: XXXXXXXX

3º Pulsar la barra espaciadora ocho veces. Permanece el campo **X**. Se recibe el prompt siguiente:

VERIFICAR NUEVA: XXXXXXXX

4º Pulsar otra vez ocho veces la barra espaciadora.

5º Pulsar **ESCPLC-F5** para terminar el borrado de la contraseña.

La contraseña ya está borrada.

En modo off-line, pulsar **ESCRHD-F3** para introducir la contraseña a la copia del disco de la **SDB0**. La contraseña borrada se hace efectiva tan pronto como descarga la **SDB0** al PLC.

Si se olvida la contraseña, utilizada la contraseña maestra es **CLEARPLC** para acceder al PLC. Se debe ajustar el PLC al modo **STOP**, con el selector de modo en la posición **STOP** o en la posición **TERM**.

Al utilizar la contraseña maestra **CLEARPLC** se borra la memoria del PLC y otros datos de usuario.

El uso de la contraseña maestra puede tener resultados inesperados en el funcionamiento del PLC.

Como medida necesaria mantener la contraseña en lugar seguro, evitando así el uso de la contraseña maestra **CLEARPLC**.

Cuando se usa **CLEARPLC**, el PLC se ve afectado de los siguientes modos:

– El PLC pasa a modo **STOP**.

- El programa de usuario (**OB1**) se borra.
- La memoria de datos de usuario (**DB1**) se borra. Todo el espacio de datos de borra.
- Todos los parámetros de configuración excepto la dirección de estación recuperan su valor predeterminado.
- Todas las marcas **M** se borran.
- Todas las marcas especiales **SM** se ajustan a su estado por defecto.
- Las salidas analógicas se congelan.
- Toda la memoria de datos del sistema se ajusta a su valor por defecto.
- Todos los puntos forzados se borran y desfuerzan.
- Todos los datos actuales de temporizador y contador se borran.
- Sólo la CPU 214: El reloj de tiempo real no cambia.
- Si se tiene cartucho de memoria instalado los datos contenidos en éste no cambian.

Los resultados de utilizar la contraseña **CLEARPLC** pueden producir efectos secundarios imprevisibles. Las salidas cambian de estado cuando el PLC ajusta la memoria de datos del sistema al estado por defecto. Si hay especificados valores diferentes a los de defecto, estos valores volverán a sus estados de defecto.

Seleccionar rangos retentivos en los elementos de E/S (utilidad 12).

Se pueden ajustar ciertos tipos de memoria para que sean retentivos dentro de una gama específica, haciendo uso de la utilidad 12. Para acceder al menú, introducir 12 al aparecer el prompt y pulsar **Enter**. En modo ON-LINE, el software lee las gamas del PLC. En modo off-line, el software lee la información del disco.

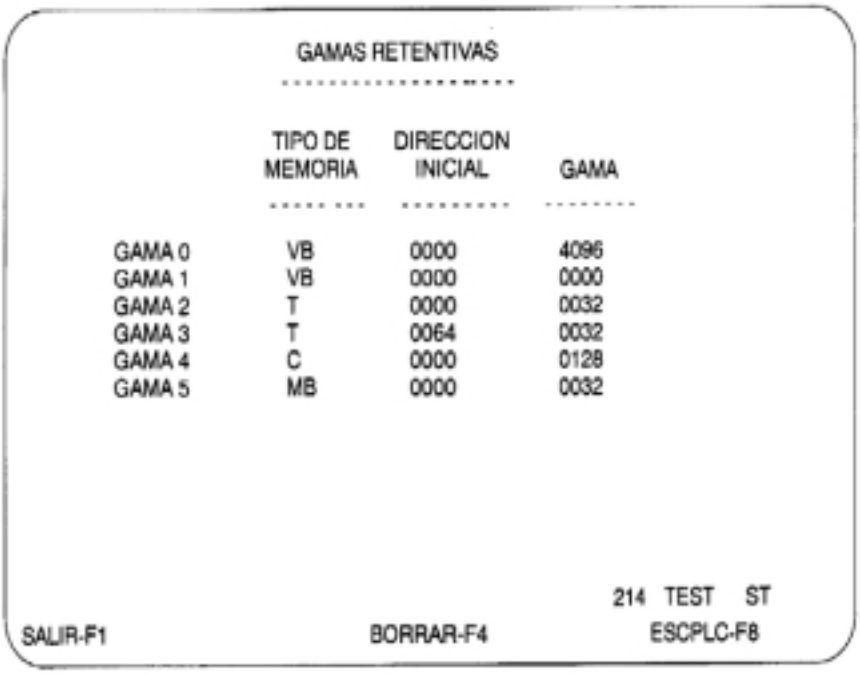


FIGURA 15 PANTALLA DE GAMAS RETENTIVAS.

Para ajustar las gamas de retentivas, se procede de la siguiente manera:

1º En la columna de tipo de memoria, especificar un mnemónico de tipo de memoria válida (**VB, VW, VD, T, C, MB, MW, MD**).

2º Especificar una dirección inicial para cada tipo de memoria en la columna siguiente.

3º En la columna "Rango", especificar el número de posiciones para cada tipo de memoria. (En dicha columna se especifica cuántos elementos se han de afectar, mas no la dirección. Por ejemplo: si se desea que 16 temporizadores sean retentivos, introducir 16 en la columna RANGO. Ello significa que los temporizadores T0 a T15 son retentivos. Los temporizadores T16 a T31 seguirán siendo retentivos).

4º Usar **BORRAR-F4**, para borrar los datos de la fila en la que se encuentra el cursor . (Los valores de esa fila se reinician a **VB 000 000**).

5º Una vez realizadas las entradas, pulsar **ESCPLC-F5** para introducir la información al controlador. En modo off-line, pulsar **ESCRHD-F5** para escribir la información a la copia del disco de **SDB0**. Las gamas retentivas entran en vigor tan pronto como carguemos el **SDB0** al PLC.

6º Si se sale sin guardar los cambios, el mensaje **¿GUARDAR MODIFICACIONES?** Esta opción permite guardarlos, o bien, salir y perder los cambios.

Configurar los tiempos de retardo de las entradas (utilidad 13).

Es posible configurar el tiempo que el PLC necesita para detectar las transiciones de entradas, ajustando a tal efecto el tiempo de retardo para grupos de entradas. La Utilidad **13** (Ajustar Retardo de Entradas) se puede usar tanto en ON-LINE como en off-line. Para utilizarla ON-LINE, es necesario colocar el PLC en modo **STOP**. Para acceder al menú, introducir **13** en el prompt del menú de Utilidades y pulsamos **Enter**.

FIGURA 16 PANTALLA DE AJUSTE DE LOS TIEMPOS DE RETARDO DE LAS ENTRADAS.

Para cambiar los valores predeterminados de los tiempos de retardo de las entradas:

1º En la columna izquierda, seleccionar un grupo de entradas y usar las teclas con flecha para situar el cursor debajo de la columna del tiempo de retardo al que se desea asignarle dicho grupo.

2º Introducir **X** en la posición del cursor que corresponde al nuevo tiempo de retardo.

3º Repetir dicha operación para cada grupo de entradas que se desee modificar.

4º Pulsar **BORRAR-F4** si se desea recuperar los valores predeterminados de todos los tiempos de retardo.

5º Si está en modo ON-LINE, pulsar **ESCPLC-F8** para guardar los nuevos valores en el autómata programable. Si está en modo off-line, pulsar **ESCRHD-F8** para

guardar los nuevos valores en la copia del **SDB0** en el disco duro. Los tiempos de retardo de las entradas serán válidos una vez que el **SDB0** se carga en el PLC.

6º Si se sale sin guardar los cambios, el mensaje **¿GUARDAR MODIFICACIONES?** permite guardarlos, o bien, salir y perder los cambios.

Visualizar la información del sistema (utilidad 14).

Se hace uso de la Utilidad **14** para leer la información del sistema desde el PLC. La pantalla proporciona información sobre el modelo de CPU, la versión firmware, la versión ASIC y las condiciones de error.

Al introducir **14** aparece el mensaje del menú de utilidades. Pulsando **Enter**. Aparecerá una pantalla que proporciona información para el controlador tal y como se indica en la figura 17.

Si se detecta algún error en el programa **KOP**, la correspondiente edición se visualiza en un línea adicional.

FIGURA 17 PANTALLA DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA.

Leer el tiempo de exploración del PLC (utilidad 15).

Para visualizar los tiempos de exploración del PLC, introducir **15** al aparecer el prompt. Después pulsar **Enter**.

Tal como se ilustra en la figura 18, aparece una pantalla que da la lectura del último tiempo de exploración, el tiempo mínimo de exploración y el tiempo máximo de

exploración en milisegundos. La pantalla se actualiza continuamente mientras permanezca en esta función.

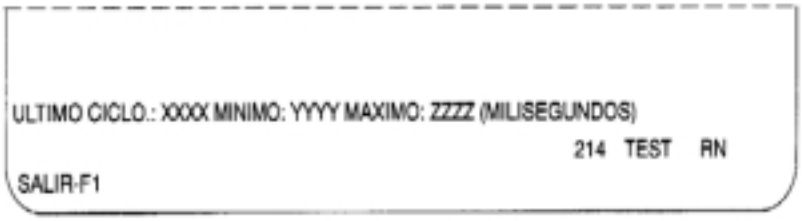


FIGURA 18 PANTALLA DEL TIEMPO DE EXPLORACIÓN.

Pulsar **SALIR-F1** para volver al menú principal de utilidades.

Leer la configuración del módulo (utilidad 16).

Usar la utilidad 16 para visualizar la configuración del módulo PLC con las E/S incorporadas y los módulo de extensión anexos.

Para leer la configuración del módulo, proceder de la siguiente manera a partir del menú de utilidades:

1º Introducir **16** al aparecer el prompt.

2º Pulsar **Enter**.

La pantalla muestra la configuración actual e indica los errores que se hayan podido detectar.

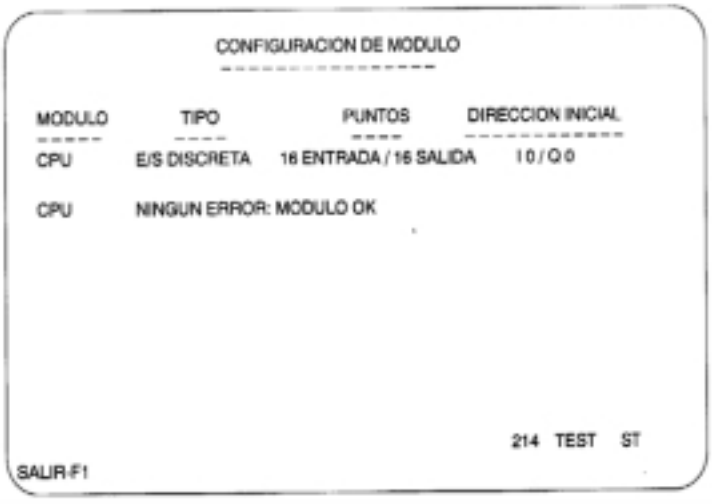


FIGURA 19 PANTALLA DE CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO.

Pulsar **SALIR-F1** para volver al menú principal de utilidades.

Comparar el programa del PLC con el disco duro (utilidad 20).

Al hacer uso de la utilidad 20 se comparan los datos del disco duro con los que hay en el PLC. Para iniciar la operación, introducir **20** al aparecer el prompt, y pulsamos **Enter**. La pantalla comparar el PLC con el disco contiene una lista de los resultados de la función de comparación para cada tipo de bloque de memoria.

El campo **ESTADO** contiene uno de los siguientes resultados de la comparación:

- Aprobado.

- Fallo.

- No está en el PLC.

Si no hay programas almacenados off-line, el programa vuelve al mensaje de error **FICHERO DISCO NO ENCONTRADO**, y no se muestra una lista de los resultados del estado.

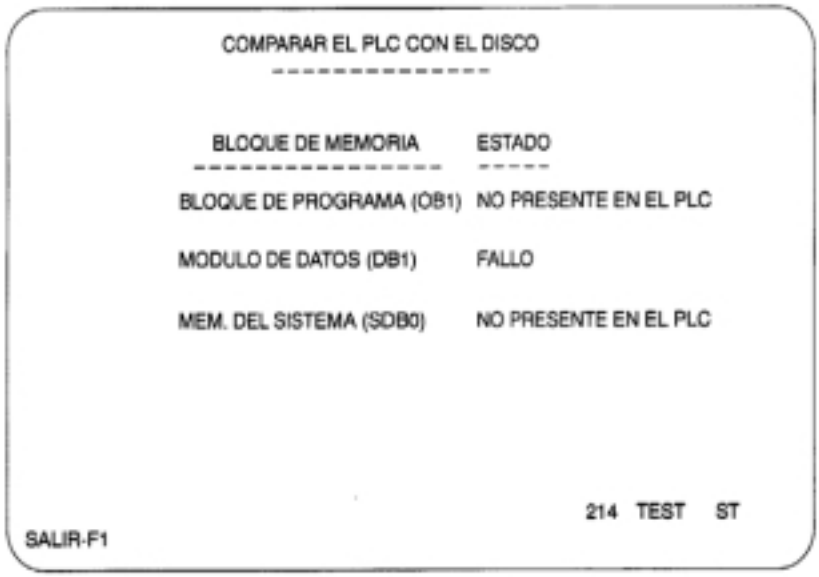


FIGURA 20 COMPARAR EL PLC CON EL DISCO.

Ajustar el modo operativo del PLC (utilidad 21).

Hacer uso de la utilidad 21 para cambiar el modo operativo del PLC. Para acceder a esta utilidad, introducir **21** al aparecer el prompt, y después, pulsar **Enter**. Aparecerá una pantalla con las teclas de función tal como se indica en la figura 21.

FIGURA 21 PANTALLA DEL MODO OPERATIVO DEL PLC.

Hay que ajustar el selector de modo en la posición **TERM** antes de intentar cambiar los modos operativos con la utilidad **21**.

Para cambiar el modo operativo del PLC, pulsar la tecla de función para cambiar a un estado operativo de los que se definen a continuación.

- **STOP-F2** coloca el PLC en modo **STOP**.
- **RUN-F3** coloca el PLC en modo **RUN**, comenzando la ejecución del programa.
- **N.SCAN-F4** permite entrar en el modo **RUN** desde el modo **STOP** durante un número de exploraciones especificado.

Actualizar la memoria no volátil (utilidad 22).

Se hace uso de la utilidad **22** para crear o actualizar el bloque de datos **DB1** de memoria no volátil con su correspondiente imagen de memoria V. Para poder realizar esta función, la CPU deberá estar en modo **STOP**.

Para hacer uso de esta utilidad, proceder de la siguiente manera a partir del menú de utilidades:

1º Introducir **22** al aparecer el prompt.

2º Pulsar **Enter**. Se abre la pantalla que se indica en la figura 8-22.

3º Pulsar **SI-F2** para confirmar la función.

FIGURA 22 PANTALLA DE ACTUALIZACIÓN EN LA MEMORIA NO VOLÁTIL.

Cuando se utilizan las funciones **CMBVAL** para cambiar valores en la memoria V, no se actualizan los valores correspondientes en el DB1.

Ajustar la tabla de salidas (utilidad 23).

Se emplea la utilidad 23 para configurar como debe tratarse la imagen del proceso de las salidas en una transición de **RUN** a **STOP**.

Para definir la tabla de salidas, se procede de la siguiente manera a partir del menú de utilidades.

1º Se introduce **23** al aparecer el prompt.

2º Se pulsa **Enter**. Se muestra la pantalla que se indica en la figura 8-23.

3º Si se pulsa **SI-F3**, se vuelve al menú de utilidades del PLC con el PLC en modo de congelación de salidas.

FIGURA 23 CONFIGURAR LA TABLA DE SALIDAS.

4º Si se pulsa **NO-F2**, se entra en el modo de edición de tabla de salidas. Se configuran los puntos de salidas en la tabla al valor en que se desean que estén dichas salidas durante la transición de **RUN** a **STOP**. Usar las teclas de cursor para desplazar el cursor a los puntos que desean ajustar, e introducir un 1 para cada punto. Pulsar **ACTIVA-F2** cuando se haya terminado.

FIGURA 24 CONFIGURAR LA TABLA DE SALIDAS.

Configurar el bloque de parámetros del TD 200 (utilidad 24).

Se emplea la utilidad 24 para configurar el bloque de parámetros en el autómata programable para el display de texto e interface de usuario **TD 200**. El **TD 200** visualiza los mensajes que se hayan leído del PLC cuando éste los habilite. Asimismo, permite modificar los datos, poner bits de marcas, forzar y desforzar E/S y ajustar la hora del PLC.

Para configurar el bloque de parámetros del **TD 200**:

1º En el prompt del menú de utilidades, introducir **24** y pulsar **Enter**.

El programa intenta encontrar un bloque de parámetros configurado. Si no encuentra ninguno, aparece una pantalla de configuración predeterminada. En caso contrario se visualiza el último bloque de parámetros que se haya configurado, según se muestra en la figura 8-25. Asimismo es posible introducir una dirección en el campo **Dirección de la tabla TD** y pulsar **LEER-F2** para leer un bloque de parámetros existente en una dirección diferente.

2º Usar las teclas con flecha arriba o abajo para desplazar el cursor a cada uno de los campos de parámetros e introducir los valores conforme a la descripción o al rango que aparece a la derecha de cada campo.

3º Pulsar **ESCRIB-F3** para guardar los ajustes de configuración en el PLC.

4º Una vez que se haya guardado el bloque de parámetros, pulsar **CFGMSJ-F4** para acceder a la pantalla de configuración de mensajes.

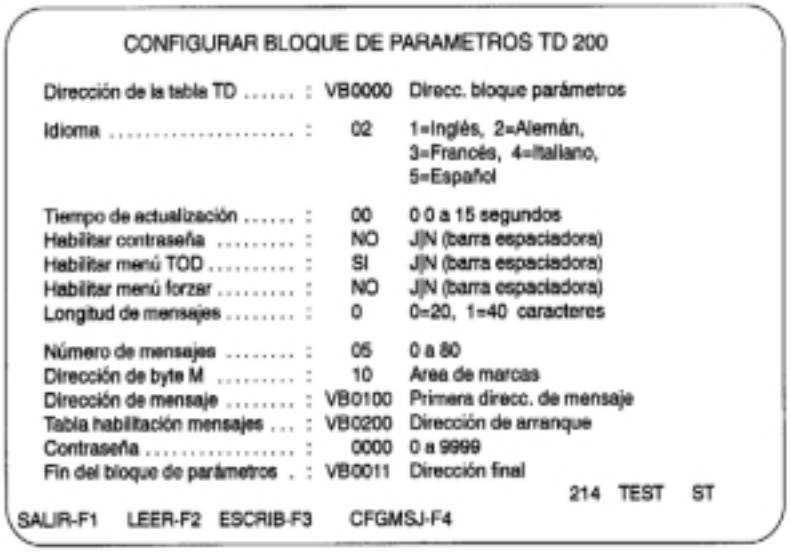


FIGURA 25 PANTALLA DE CONFIGURACIÓN DEL BLOQUE DE PARÁMETROS DEL TD 200.

Debe de tenerse en cuenta las siguientes directrices al configurar el bloque de parámetros del TD 200:

- La dirección del mensaje se deberá encontrar fuera del rango de 12 bytes del bloque de parámetros. Por ejemplo, si la dirección de la Tabla TD es **VB0040**, la dirección final del bloque de parámetros será automáticamente **VB0051**. Seleccionar una dirección de mensaje que sea superior a **VB51** o inferior a **VB40**, permitiendo así que haya suficientes posiciones de memoria disponibles para el número de mensajes elegido.

- El número de mensajes deberá ser superior a 0.

En la figura 26 se muestra la pantalla donde se configuran los mensajes que se visualizarán en el interface de usuario **TD 200**. En la tabla 5 se describen las teclas de función.

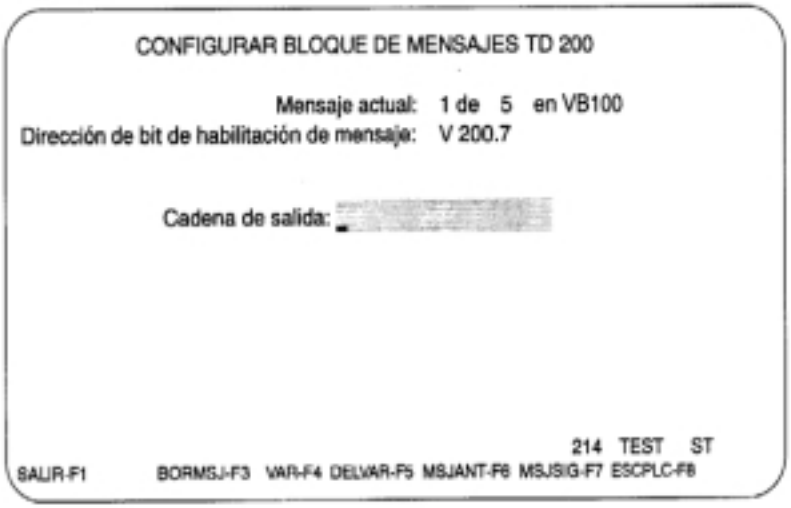


FIGURA 26 PANTALLA DE CONFIGURACIÓN DE MENSAJES DEL TD 200.

Tecla de función	Descripción
SALIR-F1	Finaliza la sesión y retorna a la pantalla anterior.
BORMSJ-F3	Borra el campo de la cadena de salida.
VAR-F4	Inserta o edita un símbolo de variable en la posición del cursor.
DELVAR-F5	Borra la cadena de la variable en la posición del cursor.
MSJANT-F6	Visualiza el mensaje anterior (también con PgUp).
MSJSIG-F7	Visualiza el mensaje siguiente (también con PgDn).
ESCPLC-F8 ó ESCRHD-F8	En modo online, guarda en el PLC el mensaje configurado. En modo offline, guarda en el disco duro el mensaje configurado.

TABLA 5 TECLAS DE FUNCIÓN PARA CONFIGURAR MENSAJES DEL TD 200.

En la primera línea se muestra el número del mensaje actual y su dirección en la memoria V. Pulsar **MSJANT-F6** (o **Av Pág**) para visualizar el mensaje anterior o **MSJSIG-F7** (o **Re Pág**) para ver el mensaje siguiente en le campo de la cadena de salida.

El campo de texto puede comprender 20 caracteres (mensajes de una línea) o 40

caracteres (mensaje de dos líneas), dependiendo de lo que se haya especificado en el bloque de parámetros. El texto se puede introducir utilizando uno de los siguientes modos:

– **Inserción:** inserta cada carácter introducido en la posición del cursor, moviendo el texto existente hacia la derecha.

– **Sobrescritura:** escribe cada carácter introducido en la posición del cursor, sobrescribiendo el texto existente que esté cubriendo el cursor.

Pulsar **Insert** o **Ins** para conmutar entre los dos modos de edición. Usar las teclas con flecha para mover el cursor ; utilizar las teclas de **Supr** o **Del** para borrar un carácter; usar las teclas **Inicio** y **Fin** para desplazar el cursor hacia el comienzo o hacia el final de la cadena, respectivamente.

Pulse **VAR-F4** para insertar una variable en el mensaje. El menú del formato de la variable del mensaje aparece debajo del campo de mensaje según se muestra en la figura 8-28.

- Use las teclas con flecha para desplazar a cada uno de los campos de parámetros e introducir los valores conforme a la descripción que aparece a la derecha de cada campo.

– Las abreviaturas de los tipos de datos significan lo siguiente:

1-**SW**= palabra con signo.

2-**SD**= palabra doble con signo.

3-**UW**= palabra sin signo.

4-**UD**= palabra doble sin signo.

– Pulsando **ENTRAR-F8** una vez configurada la variable.

– El comodín de la variable (o) incluye los dos bytes que definen los parámetros del formato de la variable y la dirección de la misma.

– La dirección de la variable es la posición de ésta última en el mensaje. El bit de edición es la posición del bit de notificación de edición.

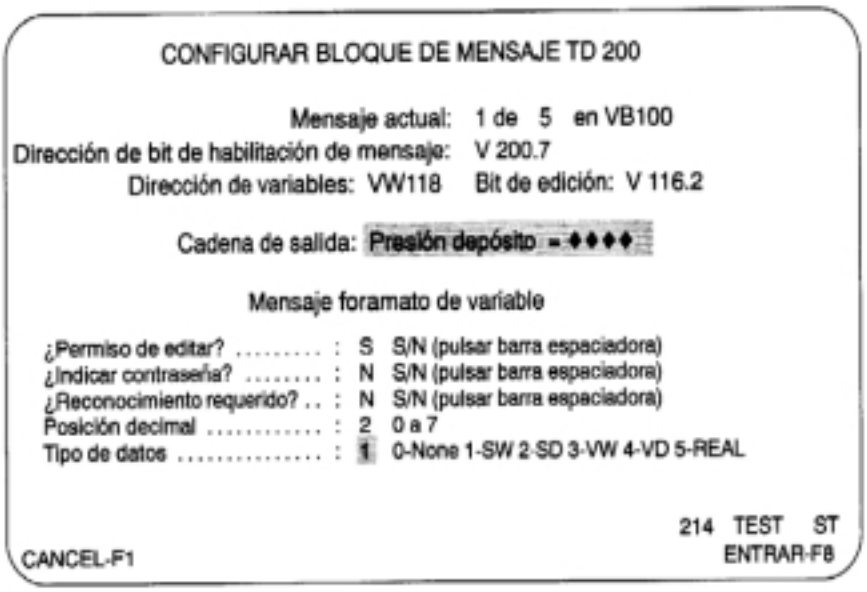


FIGURA 27 PANTALLA DE CONFIGURACIÓN DE VARIABLES PARA EL TD 200.

9. TRABAJAR CON ÁREAS DE DATOS.

Las funciones de áreas de datos permiten trabajar con secciones (áreas de datos) del programa. Esta característica se encuentra disponible tanto en modo ON-LINE como off-line. Se pueden utilizar funciones de áreas de datos para realizar tres tipos de operaciones:

- Copiar.
- Desplazar.
- Borrar.

Es posible copiar toda una gama de segmentos **AWL** y **KOP** (o una gama de comentarios) a otro punto del programa. Se remuneran todos los segmentos que están situados por debajo del punto donde se inserten los segmentos copiados.

Para la memoria V, el comando **Copiar** sobrescribe los datos empezados en la dirección de destino, quedando en su lugar los datos que se encuentran en las direcciones de la memoria V del bloque original. Los formatos de la memoria V no se copian.

Para sinónimos y comentarios la función **Copiar** también sobrescribe los datos, comenzando por la dirección de destino, con las áreas de datos de fuente.

Transferir funciona de la misma manera que la función **Copiar**, excepto que se borra

el área de fuente seleccionado, una vez que se ha copiado en el área de destino. Todos los segmentos que se encuentran por debajo de los segmentos transferidos se remuneran. Esto es similar a una operación de cortar y pegar.

Mientras que la transferencia de segmentos funciona como una operación de cortar y pegar, la transferencia de la memoria V copia los valores almacenados en el área de fuente a la dirección de destino, entonces borra los valores almacenados en el área de fuente de la memoria V. Las direcciones de la memoria V no se remuneran.

Un comando de **Transferir** sinónimos funciona como la transferencia de la memoria V: **Transferir** copia los comentarios o sinónimos almacenados en el área de la fuente a la dirección de destino, y entonces elimina los comentarios o sinónimos almacenados en el área de fuente.

En **KOP** o **AWL**, los segmentos o comentarios que van después de los que se han borrado, se desplazan hasta llenar las direcciones del área borrado. Los **NOP**s se añaden al final de la memoria L para sustituir a los segmentos desplazados.

En la memoria V, los datos del área seleccionado se fijan a cero (0). Los formatos de la memoria V no se borran.

Para los sinónimos, los datos del área seleccionados se borran (quedan en blanco).

10. Acceder a las funciones de área de datos.

Se puede acceder a las funciones de áreas de datos a partir de la pantalla **AWL** o **KOP**, bien en modo ON-LINE u off-line, pulsando **BLOQUE-F5**. Las teclas de función se indica en la figura 28.

FIGURA 28 TECLAS DE FUNCIÓN PARA LAS FUNCIONES CON ÁREAS DE DATOS.

Una vez que se accede a las teclas de función para la función con áreas de datos, se puede elegir copiar, desplazar o borrar un área de datos del programa. Pudiéndose entonces seleccionar el tipo de datos sobre los cuales se desea realizar la operación. Las teclas de función proporcionan las siguientes opciones:

- **Segmentos (SEG-F2):** completan los segmentos **KOP** o **AWL**.
- **Memoria V (V):** contenido de los emplazamientos de memoria variable.
- **Comentarios (COM):** comentarios relacionados con segmentos.
- **Sinónimos (SIN):** sinónimos relacionados con elementos del programa.

Entradas en los menús.

Para borrar, transferir o copiar áreas de datos, se procede de la siguiente manera a partir de la pantalla **KOP** o **AWL**:

1º Pulsar **BLOQUE-F5**.

2º Pulsar **COPIAR-F2, TRANSF-F3** o **BORRAR-F4**.

3º El prompt que se indica en la figura 8-30, permite especificar una gama de segmentos a copiar, transferir o borrar. Las teclas de función permiten seleccionar la memoria V, comentarios o sinónimos en vez de segmentos. Pulsamos **V-F3**, **COM-F5** o **SIN-F6** si se eliges alguna de estas opciones.

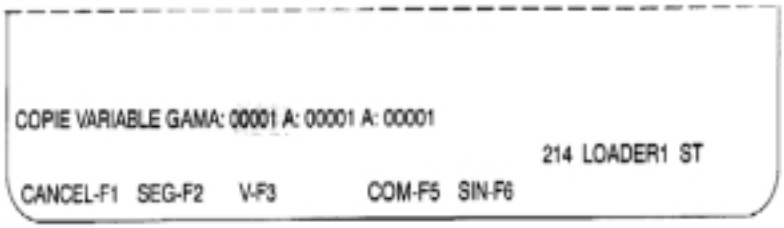


FIGURA 29 MENÚ DE LAS FUNCIONES CON ÁREAS DE DATOS.

4º Introducir el número inicial en el campo **GAMA:**.

5º Utilizar las teclas de cursor flecha hacia la derecha para desplazar el campo **A:**. Introducimos el número del final de la gama.

6º Para copiar o transferir, pulsamos la tecla de cursor flecha hacia la derecha para desplazar el cursor al campo **A:**. Introducimos las direcciones de destino para el segmento de programa desplazado o copiado. (Para las operaciones de borrado no se muestra el campo destino).

7º Pulsar **Enter**.

Si los campos de dirección seleccionados incluyen un área de datos de fuente inválido (es decir, si la dirección inicial es superior a la dirección final) o si la operación excediera la capacidad de la memoria, se recibe el mensaje:

PARÁMETROS INVÁLIDOS DE BLOQUE, o RED DEMASIADO GRANDE PARA INCLUIRLA EN EL PROGRAMA.

La integridad de los programas pueden verse afectada al realizar una copia de bloque en modo **ON-LINE** si se designa el tamaño de bloque que excede la capacidad de la memoria; los segmentos de programa son desplazados al final del programa, para poder acomodar toda la operación.

Dependiendo de la aplicación, se podrían producir potenciales daños a las personas o a las propiedades.

11. BÚSQUEDA Y SUSTITUCIÓN GLOBAL.

Se puede usar la función de búsqueda y sustitución global para sustituir el identificador de un elemento por otro identificador en todo el programa **KOP** o dentro del área seleccionado del programa. Se puede hacer con un reemplazamiento único, o se puede construir una tabla de elementos para reemplazar múltiples áreas. La función de búsqueda y sustitución global se encuentra disponible tanto en modo **ON-LINE** como **off-line**.

Para acceder al menú, se pulsa **REEMPL-F6** en la pantalla **KOP**. Figura 8-31 muestra el menú para la búsqueda y sustitución global.

FIGURA 30 PANTALLA DE BÚSQUEDA Y SUSTITUCIÓN GLOBAL.

Los primeros dos campos, **GAMA DE LA RED:** y **A:**, establecen la gama de la búsqueda. El campo **REEMPLAZA:** designa el tipo de elemento y el número que estamos reemplazando. La entrada en el campo **CON:** designa el tipo de memoria e identificador del elemento que reemplaza al designado en el campo **REEMPLAZA**.

La gama del campo **REEMPLAZA:** corrige todos los tipos de elementos al valor máximo permitido por la CPU más grande. Se realiza una comprobación de la gama, no

obstante, en las entradas que realicemos en el campo **CON:**.

Para reemplazar un elemento, se procederá de la siguiente manera a partir del menú de búsqueda y sustitución:

1º Introducir el segmento inicial a buscar .

2º Usar la tecla cursor flecha hacia la derecha para colocar el cursor en el campo **A:** para establecer la gama de búsqueda.

3º Introducir el tipo de elemento específico y el identificador a reemplazar en el campo **REEMPLAZA:**.

4º Introducir el tipo de elemento e identificador específicos para reemplazar el elemento o elementos designados en el campo **CON:**.

5º Pulsar **START-F8**. El reemplazamiento continua en toda la gama que haya indicada.

Utilizar la tabla de búsqueda y sustitución global.

Se puede construir una tabla de hasta 32 entradas para sustituir los elementos múltiples en una sola operación. Para acceder a la tabla de búsqueda y sustitución global, que se indica en la figura 8-32, se procede de la siguiente manera a partir del menú de búsqueda y sustitución:

1º Se introduce el área de memoria para la operación de búsqueda (hallar) al aparecer el prompt.

2º Se pulsa **GENTBL-F7**.

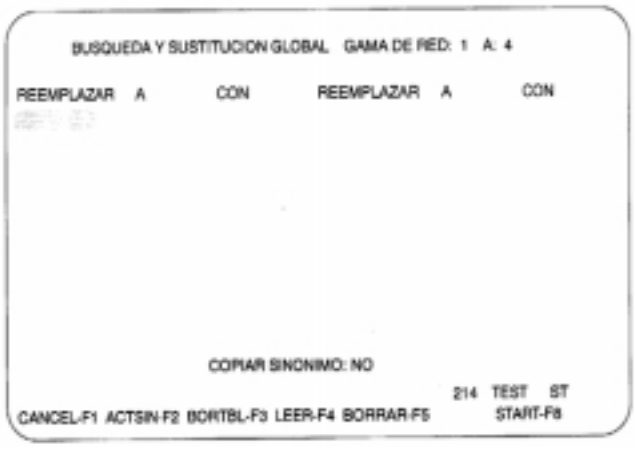


FIGURA 31 PANTALLA DE BÚSQUEDA Y SUSTITUCIÓN GLOBAL.

Para copiar los sinónimos desde los elementos reemplazados a los elementos nuevos, se usa **ACTSIN-F2** para modificar el campo de copiado de sinónimos de manera que se lea **SI**.

Para borrar una tabla, se pulsa **BORTBL-F3**. Y luego pulsar **SI-F2**. Esto borra todas las entradas de la tabla.

Para borrar un emplazamiento de la tabla, pulsar **BORRAR-F5**. Esto borra los tres campos de la línea en que está posicionado el cursor.

Para reemplazar una gama de elementos, se procede de la siguiente manera:

1° SE Introduce el tipo de elemento y el identificador inicial en el campo **REEMPLAZAR**. Pulsando la tecla de cursor flecha hacia la derecha para desplazar el cursor al campo siguiente.

2° Se introduce el identificador final en el campo **A**. Esto define la gama del elemento a reemplazar. Pulsando de nuevo la tecla de cursor flecha hacia la derecha.

3° Continuar introduciendo los nuevos tipos de elementos y el identificador inicial en el campo **CON**. La gama de este elemento queda definida por la gama de los campos **REEMPLAZAR** y **A**. Por ejemplo, al reemplazar Q1.1 a 1.4 con M0.1 se tiene como resultado que Q1.1 será reemplazado por M0.1, Q1.2 por M0.2 y así sucesivamente (ver figura 8-33).

4° Pulsar **START-F8** para iniciar la operación de búsqueda y sustitución.

FIGURA 32 EJEMPLO DE UNA OPERACIÓN DE BÚSQUEDA Y SUSTITUCIÓN.

Se puede realizar entradas en los campos de **REEMPLAZAR** y **CON** para reemplazar solo un elemento único en vez de una gama de elementos con una sola entrada.

Si se realiza una entrada en la columna **REEMPLAZAR**, se debe también realizar una

entrada en la columna **CON**. De lo contrario la tabla no se ejecutará.

El campo A no visualiza la entrada final de la gama de búsqueda si es inferior, o igual, al identificador que se encuentra en el campo **REEMPLAZAR**. Las entradas en el campo **A** requieren solo el identificador, no el tipo de elemento. El tipo de elemento se introduce para los campos **REEMPLAZAR** y **CON**.

La gama de campos **REEMPLAZAR:** o **A** corrige todos los tipos de elementos al valor máximo permitido por la CPU más grande. No obstante, realizará una comprobación de gama en las entradas que haga en el campo **CON**.

12. GENERAR UNA TABLA.

Se puede generar una tabla de búsqueda y sustitución global usando entradas de formato libre o usando una visualización de lectura de los emplazamientos seleccionados (los cuales se pueden editar).

Para generar la tabla de búsqueda y sustitución con la función **LEER** o desde una gama y tipo de memoria específicos, se procede de la siguiente manera:

1º Introducir la gama para la tabla, al aparecer el **prompt** que se visualiza en el menú de búsqueda y sustitución.

Las funciones de búsqueda y sustitución se restringen al área y tipo de memoria que establezca al aparecer el **prompt** del menú.

2º Pulsar **GENTBL-F7**.

3º Pulsar **LEER-F4** para listar los elementos de la gama que se ha seleccionado.

Los elementos se visualizan en la columna **REEMPLAZAR** de la tabla. La función de lectura no duplica los elementos de la lista de la tabla; sólo se lista una aparición de un elemento dado dentro de la gama seleccionada. Los elementos nulos no se listan.

Cuando todos los elementos que quepan en una pantalla estén ya listados, se recibe el mensaje **TABLA LLENA**. Cuando la lectura haya terminado, se puede empezar a editar la lista combinando o borrando entradas.

4º El rellenado de la tabla desde aquí se realiza con entradas de formato libre. Poniéndose editar ahora los elementos listados desde **LEER** para que ajusten a la aplicación.

5º Pulsar **START-F8** para iniciar la búsqueda y sustitución global.

Para generar la tabla de búsqueda y sustitución a partir de elementos introducidos a través del teclado, se procederá de la siguiente manera:

1º Introducir una gama de la tabla al aparecer el prompt que se visualiza en el menú de búsqueda y sustitución.

El reemplazamiento queda limitado a la gama establecida al aparecer el prompt.

2º Pulsar **GENTBL-F7**.

3º Introducir, a través del teclado, los elementos y gamas que necesitemos para la aplicación.

Usar la teclas de cursor y de retorno para desplazar el cursor de columna a columna, al realizar las entradas.

4º Pulsar **START-F8** para iniciar la operación de búsqueda y sustitución global.

13. IMPRESIÓN.

STEP 7-Micro/DOS ofrece varias opciones para imprimir la información del programa. Cada una de ellas proporciona un tipo diferente de información de impresión.

- **Imprimir pantalla actual:** Imprime la información que ofrece actualmente en la pantalla.
- **Imprimir programas:** Proporciona copias impresas de los programas **KOP** o **AWL** (o de las direcciones seleccionadas), incluyendo la documentación y las referencias cruzadas en modo ON-LINE.
- **Imprimir la lista de instrucciones:** Imprime el programa en formato **AWL**.
- **Imprimir elementos utilizados:** Muestra una lista de elementos e indica si se utilizan en el programa.
- **Imprimir las tablas de memoria disponibles:** Lista los emplazamientos de memoria variable designados en el formato seleccionado.
- **Imprimir memoria:** Muestra la configuración del PLC.
- **Imprimir referencia cruzadas:** Imprime las referencias cruzadas de los elementos del programa, los cuales proporcionan una lista de emplazamientos de uso para cada elemento del programa.
- **Imprimir sinónimos:** Imprime una lista de sinónimos para los tipos de

elementos seleccionados.

Seleccionar las funciones de impresión.

Acceder al menú de impresión pulsando **IMPR-F1**, situado en la pantalla **KOP** (bien en modo ON-LINE u off-line). Seleccionamos los tipos de datos a imprimir desde esta pantalla.

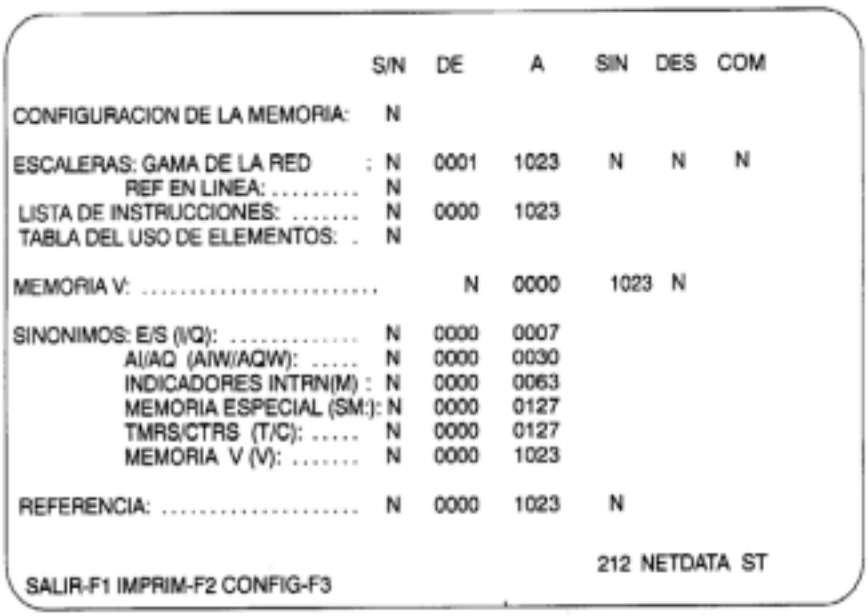


FIGURA 33 MENÚ DE SELECCIÓN DE IMPRESIÓN.

El menú de selección de impresión proporciona las siguientes opciones de documentación del programa:

- **Configuración de memoria:** Proporciona una copia del menú de configuración de memoria completo indicando los tipos y tamaños de las diversas áreas de memoria.

- **Escalera:** Da una copia del programa **KOP** con la gama de direcciones que especifiquemos. Los sinónimos, descriptores y comentarios se incluyen si ponemos **si** en los campos de **SIN, DES** y **COM**.

- **REF en línea:** Hace una lista de las direcciones de primer acontecimiento cuando se utiliza una entrada como salida en cada segmento; elabora una referencia cruzada completa para cada salida.

- **Lista de instrucciones:** Imprime la lista de instrucciones.

- **Tabla del uso de elementos:** Imprime todos los elementos e indica si se utilizan en el programa.
- **Memoria V:** Proporciona una lista de las direcciones de memoria V y del contenido en la gama especificada.
- **Referencia:** Imprime una referencia cruzada de los elementos del programa, la cual da una lista de emplazamientos de uso para cada elemento del programa.
- **Sinónimos:** Imprime los sinónimos y descriptores dentro de la gama seleccionada para cada uno de los tipos listados en el menú.

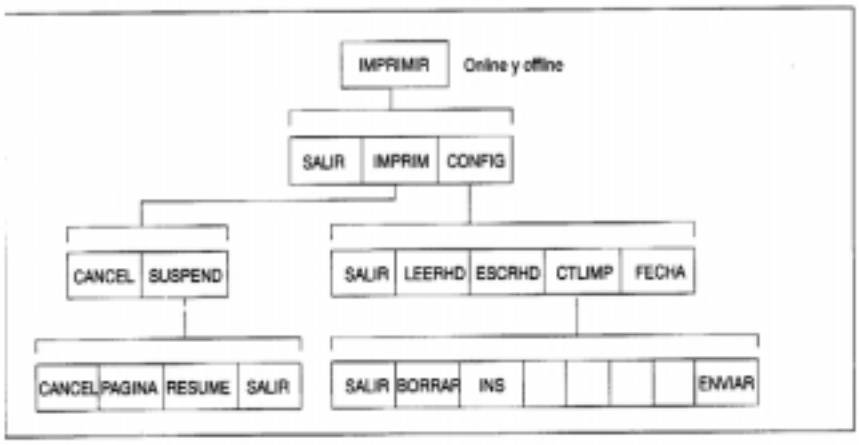


FIGURA 34 MAPA DEL MENÚ DE IMPRESIÓN.

Usando las teclas de cursor para trasladar el cursor de campo a campo con objeto de seleccionar las opciones de impresión deseadas.

Los campos **Si** y **No** contiene un solo carácter. Indicar los parámetros de impresión introduciendo una **Y** en el tipo de elemento seleccionado o en los campos de **SIN; DES** y **COM**.

El tamaño de los campos **DE** y **A** varían con el tipo de memoria, y el tamaño queda indicado por la longitud del cursor cuando se coloca en el campo. Indicamos los emplazamientos de memoria a imprimir, introduciendo los números correspondientes a la gama.

Para comenzar la impresión, pulsar **IMPRIM-F2**.

Imprimir la pantalla.

Para imprimir la pantalla actual, pulsar la tecla **Imprimir Pantalla** en el teclado. Se dispone de las siguientes funciones de impresión.

- Pulsando **CONFIG-F3** se realiza cualquier cambio en los parámetros de ajuste de impresión.
- Pulsando **IMPRIM-F2** se inicia la impresión en pantalla.

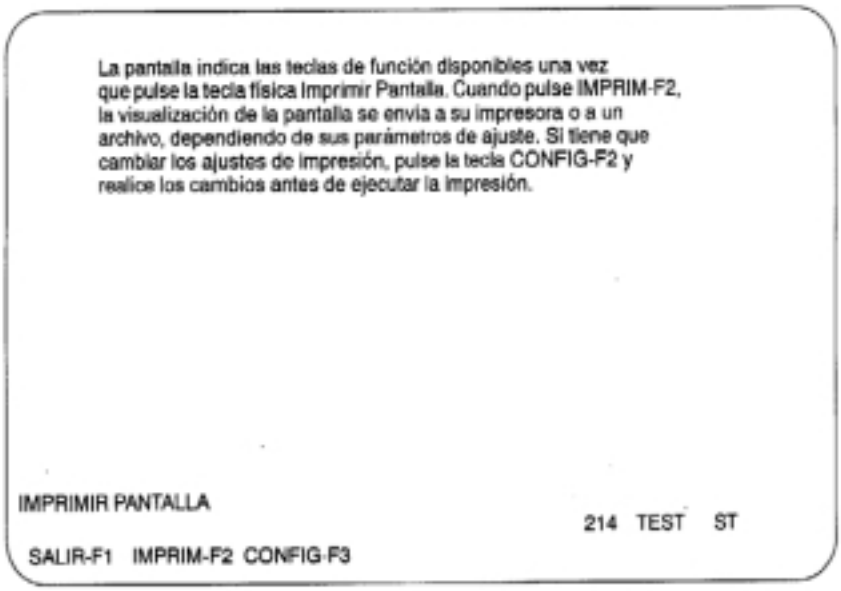


FIGURA 35 EJEMPLO DE LA PANTALLA DE IMPRESIÓN.

14. REALIZAR ENTRADAS EN EL MENÚ DE CONFIGURACIÓN.

El menú de configuración de impresión se encuentra disponible una vez que se haya elegido **IMPR-F1** o **Imprimir Pantalla**. Pulsando **CONFIG-F3** para acceder al menú.

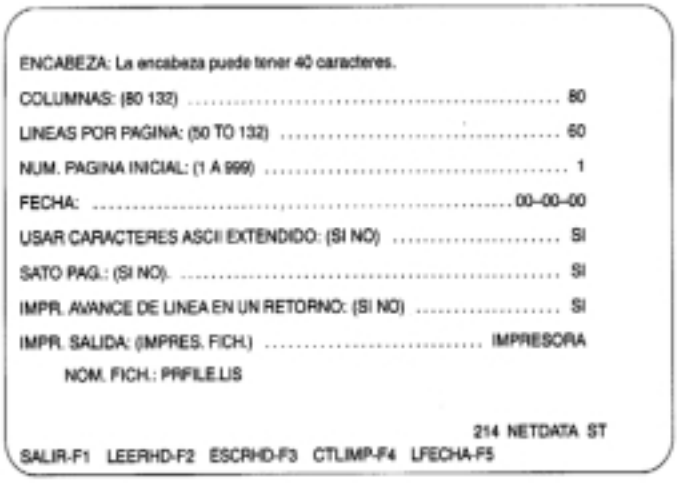


FIGURA 36 MENÚ DE CONFIGURACIÓN DE IMPRESIÓN.

Seleccionando las opciones deseadas desde el menú, utilizar el retorno y las teclas de cursor para posicionar el cursor en la columna correcta y hacer las selecciones. Para los campos de **ENCABEZA, LÍNEA POR PÁGINA, INICIO NÚM. PÁGINA** y **NOM. FICH.**, colocando el cursor en el campo correcto e introducir los parámetros deseados.

Usando las teclas de función disponibles en el menú de configuración para realizar las selecciones. Las teclas de función realizan las siguientes operaciones:

- Pulsar **SALIR-F1** para volver a la pantalla de impresión principal.
- Pulsar **LEERHD-F2** para leer la información de ajuste de impresión desde el disco.
- Pulsar **ESCRHD-F3** para introducir las configuraciones de impresión al disco duro.
- Pulsar **CTLIMP-F4** para editar y enviar los caracteres de control a la impresora. Las entradas deben realizarse en sistema hexadecimal
- Pulsar **LFECHA-F5** para leer la fecha desde el reloj del sistema PC y visualizarla en el campo de datos del menú de configuración de impresión, con objeto de incluirla en la impresión.

Imprimir segmentos ampliados.

Cuando se imprime un segmento que sea mayor de una sola pantalla, la impresión se formatea como se indica en la figura 8-38. Pudiéndose seleccionar la impresión en este formato con 80 a 132 columnas.

Las columnas de números que se encuentran por encima de los elementos designan la colocación de sinónimos en la copia impresa. Cada línea impresa en el segmento termina con una letra del alfabeto para indicar la continuación del segmento; la siguiente línea del segmento empieza por esa letra. La fila superior del segmento queda indicada por dos símbolos **>** y las filas adicionales contienen solo las letras del alfabeto.

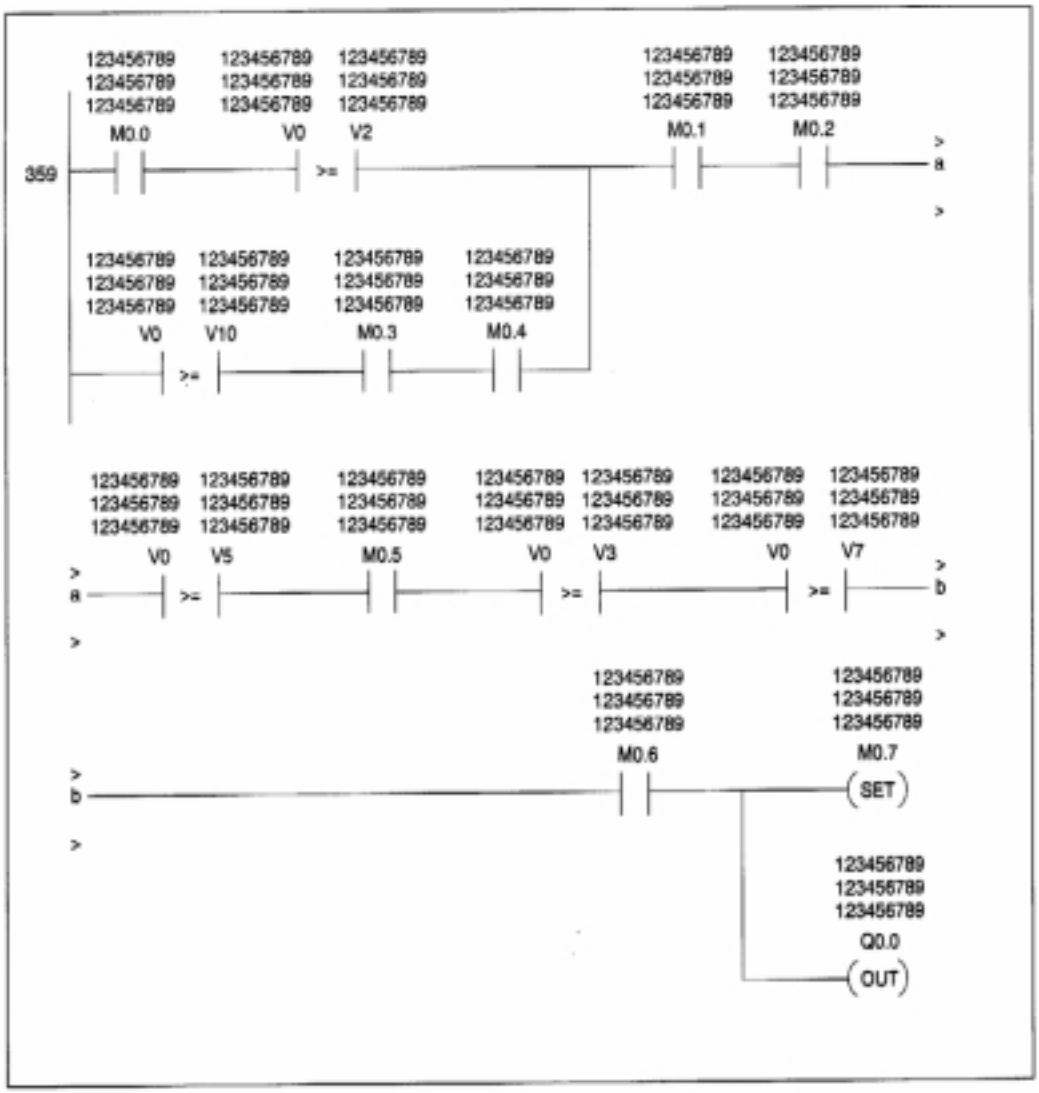


FIGURA 37 IMPRIMIR SEGMENTOS AMPLIADOS (CON SINÓNIMOS).

15. MENSAJES DE STEP 7-Micro/DOS.

Este último apartado contiene una lista de mensajes de errores de programación que se pueden visualizar en la pantalla al iniciar diversas funciones. Los mensajes son una guía que nos ayuda a corregir las situaciones de error.

Algunos mensajes de error procedentes del PLC devuelven información adicional en forma de dirección. En tal caso, aparecerá a continuación la parte principal del mensaje: **"EN DIRECCIÓN aaaaaa"** en donde aaaaaa es el número de emplazamiento de memoria del error.

Acción inválida: La operación solicitada es ilegal y no puede realizarse. Para la inserción de filas, de columnas, o de elementos en un segmento, este mensaje indica que el cursor está colocado incorrectamente o que no hay espacio suficiente para realizar la inserción.

Al segmento le falta un elem LD en la dir. aaaaaa: El segmento en la dirección especificada contiene una lógica de pila booleana. Le falta un elemento con un atributo de CG. Añadimos el elemento requerido de carga.

Ayuda: No existe ningún error actualmente. La Ayuda de Mensaje de error está disponible sólo después que **STEP 7-Micro/DOS** ha visualizado un mensaje y la ayuda para ese mensaje aparece cada vez que solicitemos la Ayuda de MSJ hasta que ocurra otro error.

Bloque no encontrado: Reintentamos la operación. Si seguimos recibiendo el error, comunicarlo a la asistencia técnica.

Clave antigua incorrecta: Verificamos la contraseña y reintentamos la operación.

Clave incorrecta: Hemos introducido una contraseña incorrecta para desbloquear el PLC. Verifiquemos que hemos introducido la contraseña correcta y que dicha contraseña correcta se encuentra en SDB0. Entonces volvemos a intentar la operación.

Clave maestra ya establecida: La contraseña ya ha sido introducida. Verifiquemos que nadie más esté conectado actualmente al PLC.

Clave ya liberada: Reintentemos la operación. Si aún recibimos el error, consultar al servicio técnico.

Código inválidos de tipos de datos: Comprobemos las instrucciones MATEMÁTICAS y del bucle FOR.

Comando ilegal para SDB2: Reintentamos la operación. Si aún recibimos el error, consultar al servicio técnico.

Comando protegido con clave: Verifiquemos que hayamos metido la clave correcta y reintentamos la operación.

Comentario no puede vincularse a un elemento del segmento: En el editor KOP, este mensaje de error indica que no hay ningún elemento en el segmento al cual se puede vincular un comentario.

Conexión ilegal a una función de entrada en la dirección aaaaaa: Hemos intentado introducir un segmento no válido en la dirección dada. La lógica que controla cada entrada de la función de múltiples entradas debemos conectarla a la barra de

alimentación y no debemos conectar a la lógica que controle cualquier otra entrada de la función. Debemos asegurarnos que las entradas de la función de múltiples entradas no están concatenadas en puerta O y de que cada entrada conecta a la barra de alimentación.

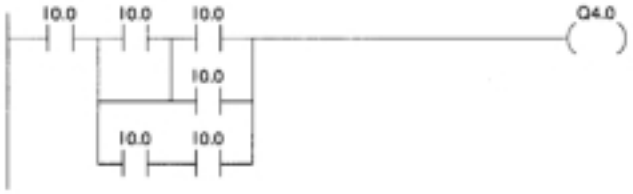
Conexión ilegal a una función de múltiples entradas: Hemos intentado introducir una lógica de contactos no válida. La lógica que controla cada entrada de una función de múltiples entradas debe conectar a la barra de alimentación y no debe de conectar a la lógica que controle cualquiera otra entrada de la función. Asegurémonos de que las entradas de la función de múltiples entradas no están concatenadas en puerto O y que cada entrada conecte a la barra de alimentación.

Conexión inválida para un elemento en contactos: Un de los elementos KOP tiene una conexión inválida. Editamos el programa para cambiar las conexiones del elemento.

Configuración de memoria del PLC es más pequeña que el disco: La configuración de memoria en el PLC no es suficientemente grande para acomodar la configuración de memoria en el disco. Asegurémonos de que la configuración de la memoria del PLC sea al menos tan grande como la configuración de la memoria del disco.

Contexto inválido: Este es un error interno de **STEP 7-Micro/DOS**. Los ficheros del sistema de Ayuda pueden haberse alterado.

Cortocircuito: Hemos intentado introducir un segmento en contactos en el cual por lo menos un segmento combinado en puerta O de lógica no contiene ningún elemento, solo un cable de conexión directa. El resultado de ello es un cortocircuito cuando la alimentación fluye a través del segmento. Asegurémonos de que todos los segmentos combinados en puerta O contengan elementos en contacto.

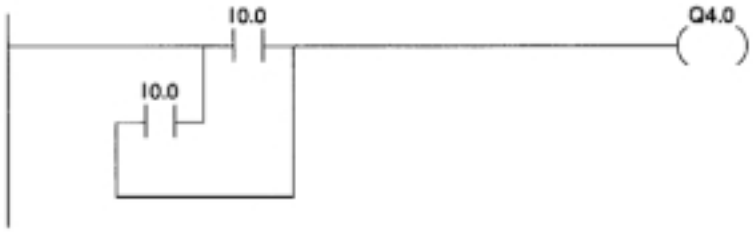


Cortocircuito, elementos no conectados, o flujo inverso de alimentación: Consultar "Cortocircuito o flujo inverso de alimentación". Debemos asegurarnos de que todos los elementos estén conectados.

Cortocircuito, falta conexión o flujo inverso de alimentación: Consultar

"Cortocircuito o flujo inverso de alimentación". Debemos asegurarnos de que todos los elementos estén conectados.

Cortocircuito o flujo inverso de alimentación: Hemos tratado de introducir un segmento KOP en el cual por lo menos un segmento combinado en puerta O de lógica no contiene ningún elemento (lo que produce un cortocircuito), o la alimentación fluye de derecha a izquierda por un elemento (lo que tiene como resultado un flujo inverso de alimentación). Debemos asegurarnos de que todos los segmentos combinados en paralelo contengan elementos KOP, que todos los elementos están conectados, y que la alimentación fluya lógicamente de izquierda a derecha por todos los elementos, dentro del segmento.



Cursor no colocado correctamente: Al usar la función ÚNICO, debemos colocar el cursor sobre el elemento KOP que queremos verificar.

Datos alterados en disco: Se han alterado los datos de un fichero de programa en la unidad de disco. Este error puede ser resultado de una pérdida de comunicaciones (debido a un fallo de alimentación o a la unidad de disco ser abierta) durante una operación de transferir programa del PLC de las utilidades. Para recuperarlo, repetimos la operación en que se produjo el fallo. Si el error vuelve a ocurrir, borramos el fichero <nombre de programa>.VPU y lo intentamos de nuevo. NOTA: Borrando el <nombre de programa>.VPU borra la configuración en KOP y la memoria.

Datos inválidos enviados con el comando: Este mensaje aparece cuando se detectan datos inválidos en las comunicaciones. Volvemos a arrancar la unidad de programación y el autómata programable y reintentamos la operación.

Datos no escritos: Verifiquemos que el tamaño de memoria del programa no se haya excedido.

Datos no insertados: Verifiquemos que el tamaño de memoria del programa no se haya excedido.

Datos solicitados no encontrados: Parte o toda la información solicitada por la operación de leer o de buscar no existe.

Demasiados elementos en serie o paralelo en la dirección aaaaaa: El segmento en

la dirección especificada contiene demasiados elementos en serie o paralelo. Volvamos a editar el segmento para reducir el número de elementos en serie o paralelo. Quizá sea conveniente dividir el segmento en dos segmentos más simples.

Desbordamiento aritmético: Parámetro inválido en una instrucción matemática; verificamos los parámetros en las instrucciones matemáticas.

Desbordamiento de buffer de servicio: Se ha excedido la cantidad máxima de datos a enviar para el estado de escalera y/o tabla. Debemos reducir esta cantidad de datos.

Desbordamiento de parámetros de la función en la dirección aaaaaa: Este mensaje aparece cuando una función de la dirección especificada del segmento contiene más datos de parámetros de los esperados para la función en particular. Reeditamos la función con el número de parámetros correctos.

DESHACER no disponible: O bien no se han hecho cambios a la línea actual o bien los cambios realizados ya han sido introducidos.

Dirección del elemento corregida a un límite válido: La dirección del elemento seleccionada era inválida y ha sido corregida, convirtiéndola en una dirección válida.

Dirección de lógica de contacto fuera de rango: La instrucción o el segmento excede el tamaño de memoria de programa.

Dirección de lógica no en contactos fuera de gama: Múltiples operadores del programa han realizado configuraciones opuestas de memoria.

Dirección ilegal de estación: Introducimos una dirección de estación dentro de la gama válida de 2-126.

Directorio inválido: El directorio seleccionado no existe. Verifiquemos el nombre de la ruta para asegurarnos que hemos seleccionado el directorio correcto.

Directorio no inicializado: El directorio seleccionado no es válido o no existe. Comprobemos que existe el directorio y que está escrito correctamente e intentemos de nuevo la operación.

Directorio no vacío: Esto se produce al tratar de borrar un directorio que todavía contiene ficheros. Se debe de borrar primero los fichero del que éste contenga.

Disco lleno: Hemos intentado escribir los datos en el disco pero ya no queda espacio para almacenar los datos. Debemos hacer sitio en el disco, nos ponemos en off-line y borra datos de documentación/programa, o salimos de **STEP 7-Micro/DOS** y borramos los ficheros que no pertenezcan a **STEP 7-Micro/DOS**.

Disco está protegido contra escritura: El intento de escribir en un fichero de programa en la unidad de disco ha fallado porque el fichero o el disco está protegido contra escritura. Quitamos la protección contra escritura e intentamos de nuevo la operación.

Disco no inicializado: Cambiamos al directorio/disco que contenga el programa al que deseamos acceder e intentamos de nuevo la conversión del fichero.

El elemento existe sólo en el segmento actual: El elemento actual es único y no aparece más en ningún otro lugar del programa KOP.

El elemento no puede visualizarse en este formato: El elemento seleccionado no se puede visualizar en el formato solicitado. Por ejemplo, una DWORD no se puede visualizar en formato binario.

Elemento corregido a un valor mínimo: La dirección del elemento fue corregida al valor mínimo para el PLC seleccionado.

Elemento demasiado grande para caber en el segmento: Este mensaje se produce si intentamos crear un segmento que supere el número máximo de elementos permitidos para cada segmento (120 nodos). Bien se pueden borrar algunos elementos KOP, o dividir la lógica en dos segmentos. Los elementos requieren que los tamaños de nodo sean los indicados a continuación.

Contacto=1 nodo	1x2 recuadros=2 nodos
Cont. relacional=3 nodos	2x2 recuadros=4 nodos
Bobina=2 nodos	3x2 recuadros=6 nodos
	4x2 recuadros=8 nodos

Elemento en contacto fuera de rango: El elemento KOP seleccionado no se encuentra dentro de una gama válida. Cambiemos la dirección del elemento, de manera que se encuentre en la gama válida.

Elemento en contacto inválido: El elemento KOP seleccionado es inválido. Debemos asegurarnos de que el elemento KOP sea válido para el autómata programable.

Elemento existe en el segmento aaaaaa: El elemento actual NO es único. También se utiliza el segmento indicado.

Elemento forzado: El elemento solicitado ha sido forzado satisfactoriamente al valor especificado.

Elemento fuera de gama: La gama de elementos que está sustituyendo CON supera a la gama de elementos que se REEMPLAZA.

Elemento no encontrado: La dirección de elemento o tipo de función solicitado no existe en ningún lugar del programa KOP.

Elemento no puede escribirse en ese formato: El elemento seleccionado no se puede escribir en el autómata programable en el formato solicitado. Cambiamos el elemento a un formato de datos diferente.

Elemento reseteado: El elemento solicitado ha sido reseteado satisfactoriamente.

Elemento adicionales no permitidos con una salida incondicional: Hemos intentado introducir un segmento KOP que contiene un contacto con una salida autónoma (incondicional). Retiramos los contactos.

Error al almacenar fichero: STEP 7-Micro/DOS intentó almacenar un fichero en el disco y no lo ha conseguido. El fichero se podría haber borrado accidentalmente, la unidad de disco podría no estar cerrada, o se puede haber producido un fallo de hardware en el disco.

Error al borrar el disco: STEP 7-Micro/DOS intentó borrar un fichero del disco duro y no lo ha conseguido. El fichero está protegido contra escritura o bien se podría haber borrado accidentalmente, la unidad de disco podría no estar cerrada, o se puede haber producido un fallo de hardware en el disco.

Error al crear el fichero: Verifiquemos que hayamos introducido un nombre de fichero válido DOS y que tengamos suficiente espacio en el disco, luego reintentemos la operación. Si el error persiste, quizá la unidad de disco no esté bien cerrada o se haya producido un fallo de hardware en el disco.

Error al escribir en el disco: La operación de escribir en el disco ha fallado. Quizá se ha producido un fallo de hardware en el disco.

Error al leer del disco: **STEP 7-Micro/DOS** intentó leer un fichero en el disco y no lo ha conseguido. Esto puede ocurrir si se intenta abrir demasiados ficheros simultáneamente. Debemos asegurarnos de que el comando FILES=20 se encuentre en el fichero CONFIG.SYS. Quizá necesitemos incrementar el número máximo de ficheros abiertos permitidos a FILES=30.

Si persiste el fichero se podría haber borrado accidentalmente, la unidad de disco podría no estar cerrada, los datos del fichero podrían haberse alterado, o se puede haber producido un fallo de hardware en el disco.

Error - comando no está soportado por el PLC: Verifiquemos que la operación y la

sintaxis de la instrucción sean válidas para el tipo de PLC.

Error de acceso al disco: Este error se produce cuando el directorio de fuente o de destino resulta inaccesible mientras **STEP 7-Micro/DOS** cambia de directorio. Quizá el directorio ha sido borrado o la unidad de disco no se encuentra disponible.

Error de carga: Reintentemos la operación. Si seguimos recibiendo un error, comuniquémonos con el servicio técnico.

Error de comunicaciones: Los datos recibidos del PLC se han alterado o se han perdido, quizá debido a un fallo del PUERTO DE COM.

Error de comunicaciones - buffer demasiado pequeño para respuesta: El buffer de recepción asignado no era suficientemente grande para la respuesta. Volvemos a arrancar la unidad de programación y reintentemos la operación.

Error de comunicaciones - código inválido de respuesta: La respuesta de servicio del autómata programable no correspondió con lo que se mandó. Volvemos a arrancar la unidad de programación y reintentemos la operación.

Error de comunicaciones - error de paridad: Se ha detectado un error de paridad a nivel de caracteres. Examinemos los cables y las conexiones, reintentemos la operación.

Error de comunicaciones - error de sobrecarga: Se ha detectado un error de sobrecarga a nivel de caracteres. Examinemos los cables y las conexiones, reintentemos la operación.

Error de comunicaciones - estado de recepción incorrecto: Se ha detectado un error de alineación, sobrecarga o de suma de control a nivel de caracteres. Examinemos los cables y las conexiones, reintentemos la operación.

Error de comunicaciones - error de suma de control: El LRC de un paquete de datos recibidos no se verifica. Examinemos los cables y las conexiones, reintentemos la operación.

Error de comunicaciones - fallo de conexión: La estación solicitada no responde a la petición de selección **ON-LINE.** Examinemos la conexión del cable. Debemos asegurarnos de que estamos conectados al puerto correcto de la unidad de programación.

Error de comunicaciones - fin de temporización de estación: No hubo ninguna respuesta a la consulta al principio de una transacción de lectura o escritura. Examinemos los cables y las conexiones, reintentemos la operación.

Error de comunicaciones - ningún computo de bytes: Se ha detectado una solicitud de **STEP 7-Micro/DOS** para leer o escribir un buffer de 0 bytes. Volvamos a arrancar la unidad de programación y reintentemos la operación.

Error de comunicaciones - puerto inválido: Se ha utilizado un puerto diferente de 1 o 2 al intentar abrir **STEP 7-Micro/DOS** la operación **ON-LINE**. Volvamos a arrancar la unidad de programación y reintentemos la operación.

Error de comunicaciones - puerto no existe: El puerto seleccionado (1 o 2) no está instalado en la unidad de programación. Volvamos a comprobar la configuración de puentes de la tarjeta de comunicaciones o seleccionemos un puerto instalado.

Error de comunicaciones - solicitud incorrecta: El autómata programable ha rechazado la solicitud de encabezamiento. Volvamos a arrancar la unidad de programación y reintentemos la operación.

Error de comunicaciones en modo STOP- modo RUN no permitido: Cambiemos al modo STOP, entonces vamos al modo RUN.

Error de establecer el reloj de la hora del día: Reintentemos la operación. Si aún recibimos un error, debemos comunicarnos con el servicio técnico.

Error de nombre de bloque o de longitud de bloque: Reintentemos la operación. Si aún recibimos un error, debemos comunicarnos con el servicio técnico.

Error de PLC - comando enviado mientras el PLC estaba ocupado: Dejamos tiempo suficiente para que el PLC termine la tarea y reintentemos la operación.

Error de PLC - aaaaaa: El autómata programable retorna a un código de error desconocido. Volvamos a arrancar el autómata programable y reintentemos la operación.

Error de programación Ehh en la dirección aaaaaa: La comprobación de sintaxis falló en una dirección dada, cuando el autómata programable trataba de volver al modo RUN. El número E del mensaje representa el error de sintaxis que se ha producido.

Error de sintaxis en los parámetros de clave: Verificaremos que hemos introducido la contraseña correcta y reintentemos la operación.

Error en los datos de bloque de SDB: Reintentemos la operación. Si aún recibimos error, debemos de ponernos en contacto con el servicio técnico.

Error fatal detectado: Se ha producido un fallo de hardware en la CPU. Realicemos la utilidad 14 para determinar la causa del fallo.

Error interno de longitud de bloque: Reintentemos la operación. Si aún recibimos error, debemos de ponernos en contacto con el servicio técnico.

Error tiempo de acceso al disco sobrepasado: El intento de acceder al disco ha fallado. La unidad de disco puede no estar bien cerrada o puede haberse producido un fallo de hardware del disco (el disco está estropeado físicamente).

Es necesario más memoria: La operación solicitada necesita más RAM de la que está disponible. Debemos liberar alguna RAM dentro de la memoria convencional de 640 K, cargando en la memoria alta o descargando algunos drivers de unidad o programas residentes en memoria.

Fallo hardware: El PLC ha fallado. Intentemos leer el estado del PLC.

Falló la compilación del programa: Usamos la utilidad 14 para determinar la causa del fallo.

Falta una conexión al elemento: La línea de flujo de alimentación desde el raíl de corriente izquierdo a la salida está incompleta. Debemos asegurarnos de que todas las conexiones están conectadas.

Falta un elemento de entrada: Hemos intentado introducir un segmento KOP sin el contacto correspondiente. Debemos colocar el contacto en cuestión.

Falta un parámetro requerido para un elemento en contactos: Falta un parámetro requerido para un elemento KOP. Verifiquemos todos lo parámetros suministrados.

Fichero de disco no encontrado: El intento de abrir un fichero de programa en una unidad de disco ha fallado porque el fichero no existe. Comprobemos si el fichero ha sido borrado. El intento de escribir en un fichero de programa ha fallado porque el fichero no está seleccionado.

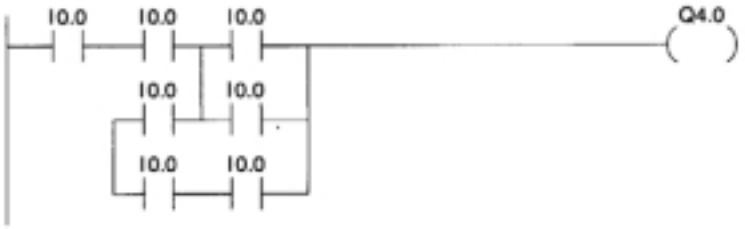
Fichero o directorio ya existente: El nombre del fichero especificado en la opción IMPRIMIR A FICHERO ya existe. Se puede sustituir el fichero ya existente, anexionarlo al final del fichero o cancelar el procedimiento y darle al fichero un nombre diferente.

Final de pantalla: Se visualiza el final de la tabla de estado.

Final del buffer: La longitud máxima del buffer mnemotécnico se ha excedido.

Fin de la memoria: Se ha alcanzado el final de la gama válido de memoria, por ejemplo, al desplazarnos hacia arriba o hacia abajo en la memoria KOP.

Flujo inverso de alimentación: Hemos intentado introducir un segmento KOP en la cual la alimentación fluye de derecha a izquierda por un elemento. Asegurémonos de que la corriente fluye lógicamente de izquierda a derecha por todos los elementos.



Flujo inverso de alimentación o falta una conexión al elemento: Hemos intentado introducir un segmento KOP en el cual la alimentación fluye de derecha a izquierda por un elemento, o en el cual hemos omitido un cable de conexión a un elemento. Asegurémonos de que la corriente fluye lógicamente de izquierda a derecha por todos los elementos.

Formato incorrecto de fichero: Hemos intentado de utilizar un programa que es incompatible con **STEP 7-Micro/DOS**. Verifiquemos que estamos usando el disco/directorio correcto.

Función accede a una zona M no configurada: La función recién creada en KOP se refiere implícitamente a una marca interna (M) (o relé de control) que se encuentra fuera de rango para la configuración actual. Intentemos alguna de las siguientes medidas correctoras:

- Reducimos la longitud de la tabla de direcciones M en la función.

- Desplazamos la dirección inicial de la tabla a un bit M en que podamos adaptar la longitud de la tabla.

- Incrementamos la configuración de E/S, para adaptar las direcciones M adicionales.

Función de utilidad ilegal del PLC: La función solicitada es inválida para la configuración actual del PLC.

Funciones de forzado no pueden usarse con este elemento: Las operaciones Forzar, Desactivar y Buscar bajo ESTADO, TABLA y CMBVAL se encuentran disponibles sólo para los elementos de tipo I y Q.

Impresión suspendida: Hemos suspendido la operación de impresión.

Impresora sin papel, impresión suspendida: Tenemos que añadir papel a la impresora y continuamos la operación de impresión.

Inserción automática de segmento activado: Indica el modo de inserción de segmento está activado. Pulsamos ENTRAR-F8 para introducir un nuevo segmento en blanco o una serie de segmentos encima de los que existen. Pulsamos INS-F8, AUTORN-F6 para desactivar de nuevo este modo.

Inserción automática de segmento desactivado: Indica que el modo de inserción de segmento está desactivado. Este es el modo por defecto. Consultar "Inserción automática de segmento activado".

Instrucción desconocida: Se ha encontrado un elemento desconocido.

Instrucción ilegal: Se ha encontrado una instrucción que no es válida en el programa KOP. Editamos el programa para corregir el problema.

Instrucción ilegal en la dirección aaaaaa: El secuenciador a encontrado una instrucción ilegal en la dirección especificada durante una transición de STOP a RUN. Editamos e introducimos la lógica en la dirección dada.

Intento de dividir por cero: Verificamos los parámetros en las instrucciones de división.

Intento de escribir en una variable sólo de lectura: Se ha intentado escribir una variable de solo lectura: por ejemplo, a un elemento SM (memoria especial).

Intento de operación de escritura no pudo realizarse: Intentemos de nuevo la operación.

La diagnosis falla al conectar la alimentación: Realizamos la función de utilidades 14 para determinar la causa del fallo.

La función escribe a múltiples valores de memoria, limite máximo excedido: La

función recién creada en KOP se refiere implícitamente a una dirección de memoria que se encuentra fuera de rango para la configuración actual. Intentemos alguna de las siguientes medidas correctoras:

- Reducimos la longitud de la tabla en la función.

- Desplazamos la dirección inicial de la tabla a una dirección de memoria que pueda adaptar la longitud de la tabla.

- Incrementamos la configuración para adaptar la gama de la tabla.

Lectura del elemento no soportada: No puede leer ni escribir puntos analógicos, ni escribir a un contador de alta velocidad (HSC). Corregimos las direcciones en la tabla de estados.

Límite "De" excede el límite "A": El número "A" debe ser mayor que o igual que el número "De" en esta operación.

Múltiples salidas con una salida autónoma no permitidas: Una salida autónoma debe ser la única bobina en el segmento actual. Borramos todas las demás bobinas.

Ninguna ayuda disponible para el tema actual: La información sobre el tema solicitado no está incluido en el sistema de Ayuda de STEP 7-Micro/DOS.

Ninguna clave en el PLC: Reintentemos la operación. Si aún recibimos error, debemos comunicarnos con el servicio técnico.

Ningún comentario vinculado al designador de bobina: Hemos intentado copiar un comentario que no existe.

No concuerda la entrada de la clave: La primera entrada de la contraseña no corresponde la segunda entrada de contraseña. Escribimos de nuevo la contraseña.

No corresponde la configuración de memoria del PLC: La configuración de memoria en el autómata programable no corresponde o es de un tamaño diferente a la configuración de memoria en la RAM o en un disco. Debemos asegurarnos de que tenga el tipo de programa correcto. Si es necesario, tendremos que volver a escribir la configuración de la memoria en el autómata programable, en la RAM, en el disco o en un directorio, dependiendo de cual de ellas sea incorrecta.

No corresponden las longitudes de datos recibidos: Reintentemos la operación. Si aún recibimos error, debemos comunicarnos con el servicio técnico.

No corresponde la configuración de memoria del PLC con el disco: El tipo de autómata programable o tamaño de memoria KOP no corresponde con el tipo de autómata programable o el tamaño de memoria KOP del programa de usuario.

Verifiquemos la configuración de memoria.

No existe ningún error actualmente: Disponemos de la Ayuda de Mensaje de error sólo después de que **STEP 7-Micro/DOS** haya visualizado mensaje y la ayuda para ese mensaje aparece cada vez que solicitemos la Ayuda de MSJ, hasta que ocurra otro error.

No pudo escribirse el valor: La operación de escritura ha fallado. Volvamos a intentarlo.

No puede buscar elementos ON-LINE: El PLC no es capaz de buscar el elemento solicitado.

No puede copiarse el fichero a sí mismo: Especifiquemos un nombre de fichero de destino que sea diferente del nombre de fichero de fuente.

No puede crearse un fichero de impresión: El intento de imprimir un fichero ha fallado: no se puede crear el fichero. Debemos asegurarnos de que el disco no está lleno ni protegido contra escritura, y de que la unidad de disco está cerrada. Se podría haber producido también un fallo de hardware del disco.

No se localizó el archivo de datos de recursos: Este mensaje aparece en el indicador DOS si uno o más archivos necesarios no se localizan durante la inicialización. Se cancela el arranque y el nombre del archivo ausente se visualiza en el mensaje.

No se permite cambiar el nombre entre unidades: No se puede cambiar el nombre de un fichero o programa entre dos unidades diferentes. Utilizamos la operación de Copia.

No se puede abrir fichero: STEP 7-Micro/DOS intentó abrir un fichero de programa en la unidad de disco y no lo consiguió. El fichero puede haberse borrado, o quizás haya producido una fallo de hardware en el disco.

Número ilegal: Se ha encontrada un número inválido en un campo numérico. Editemos el campo utilizando números válidos.

Número ilegal de exploraciones a ejecutar: Introducimos un número de 1 a 65535 y reintentemos la operación.

Número máximo de elementos excedido: Se han leído más elementos de los que se pueden reemplazar. Seleccionemos un bloque más pequeño de límites de búsqueda que contenga un **máximo de 32 direcciones** de elementos diferentes.

Número máximo de puntos excedidos: Hemos tratado de introducir demasiados

datos en un segmento KOP. Dividimos la lógica en dos o más segmentos.

Objeto no existe o error de longitud: El tipo de elemento que ha introducido es inválido o está fuera de rango.

Operación completada: La operación solicitada se ha completado satisfactoriamente.

Operación fallida: Debemos asegurarnos de que el autómata programable está en el modo correcto, y reintentemos la operación.

Parámetro inesperado para un elementos en contactos: Se ha encontrado un parámetro adicional para un elemento KOP. Verifiquemos que solo se han suministrado los parámetros de elementos necesarios.

Parámetro inválido: Bien la dirección inicial especificada excede la dirección final especificada, o los datos no son válidos para la operación que se intenta.

Parámetro inválido de bloque: Las direcciones de fuente, iniciales, finales y/o de destino de esta operación no son válidas para el autómata programable.

PLC en modo incorrecto o el selector del PLC equivocado: Comprobemos el modo del PLC, incluyendo el ajuste del interruptor dl terminal.

PLC no soporta esta función: La función seleccionada no está permitida para el autómata programable dado.

PLC recibió el comando fuera de secuencia: Reintentemos la operación. Si aún recibimos error, debemos comunicarnos con el servicio técnico.

Principio de la pantalla: El principio de la tabla de estado ya está en pantalla.

Reloj, fecha y hora del PLC no ajustados: Usamos la utilidad 25 del PLC para establecer en el reloj la fecha y la hora.

Salida no puede ser igual que la segunda entrada: Para las instrucciones de los cuadros de restar y dividir en la programación KOP, debemos especificar un emplazamiento en la memoria para la salida, que contenga el resultado de la operación matemática, el cual debe ser diferente del segundo emplazamiento de entrada (A - B SYMBOL 174 \f "Symbol" \s 10 C o A / B SYMBOL 174 \f "Symbol" \s 10 C, en donde C debe ser diferente de B).

Segmento contiene un elemento adicional LD en la dirección aaaaaa: El segmento en la dirección especificada contiene una lógica inválida de pila booleana. Tenemos un elemento con un atributo LD. Editemos el segmento y añadimos el elemento de carga requerido.

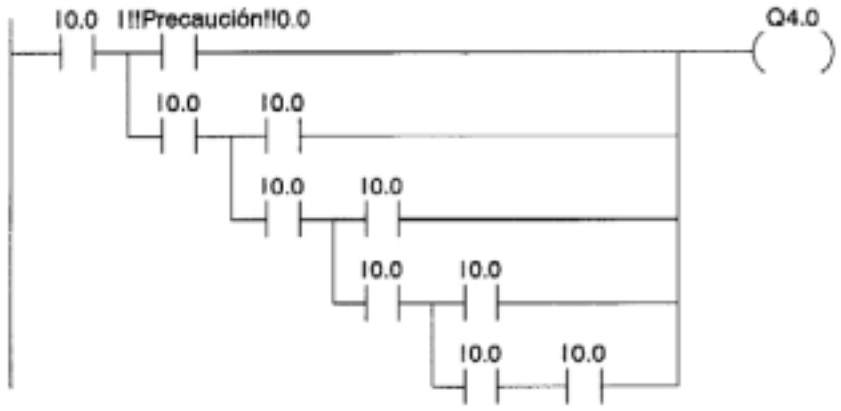
Segmento contiene una función grande inválida en aaaaaa: Este mensaje indica que la función grande (superfunción) utilizada en la dirección especificada del segmento no puede dibujarse en dicha posición porque el segmento es demasiado complejo. Simplifiquemos el segmento.

Segmento contiene una salida inválida en la dirección aaaaaa: El segmento en la dirección especificada no puede dibujarse debido a la presencia de una salida inválida. Retiramos el elemento inválido.

Segmento demasiado grande para caber en el programa: Este mensaje lo encontramos cuando se ha intentado visualizar o introducir un segmento KOP que causa que KOP supere el tamaño de memoria KOP actual o que es demasiado grande y no cabe en el buffer. Simplificamos el segmento. Este mensaje se puede también producir durante una COPIA DE BLOQUE en KOP.

Segmento de RAM no asignado: Se trata de un error interno de STEP 7-Micro/DOS y no debe producirse. Si aún recibimos error, debemos comunicarnos con el servicio técnico.

Segmento ha causado un desbordamiento de la pila de carga del PLC: Hemos intentado introducir un segmento KOP que contiene más de ocho contactos con un atributo de carga y un ANDLD no resulto.



Segmento ilegal: El segmento recién introducido contiene un error que STEP 7-Micro/DOS no reconoce. Editamos y volvemos a introducir el segmento con una lógica KOP válida.

Segmento ilegal - demasiados elementos en paralelo: Hemos tratado de introducir un segmento KOP que contiene más de 32 contactos en paralelo.

Segmento ilegal - demasiados elementos en serie: Hemos tratado de introducir un segmento KOP que contiene más de 32 contactos en serie.

Segmento ilegal - demasiados elementos en serie o paralelo: Hemos tratado de introducir un segmento KOP que contiene más de 32 contactos en serie o paralelo.

Segmento ilegal - demasiados elementos en serie y paralelo: Hemos tratado de introducir un segmento KOP que contiene más de 32 contactos en serie y paralelo.

Segmento ilegal en la dirección aaaaaa: Se ha encontrado un segmento KOP que no podo dibujarse en la dirección especificada. Borramos y volvemos a introducir el segmento.

Segmento no contiene ningún elemento interreferible: El punto donde se encuentra el cursor, el segmento no contiene ningún elemento válido para interreferir.

Segmento no contiene ninguna bobina en la dirección aaaaaa: El segmento en la dirección especificada no contiene ninguna bobina. Definimos una o más bobinas, o borramos el segmento. Podrían también fallar datos de contacto o de función.

Segmento no fue borrado: No se pudo borrar el segmento.

Segmento no puede dibujarse en lógica en contactos: Este segmento contiene instrucciones AWL que no se pueden visualizar en KOP.

Solicitud de servicio ilegal: La configuración actual del PLC no reconoce ni soporta la solicitud de servicio especificada.

Solicitud ilegal en modo operativo actual: La operación seleccionada no está permitida cuando el autómata programable se encuentra en el modo actual. Ponemos el autómata programable en el modo correcto utilizando la tecla de función STOP/RUN o la utilidad 21 y reintentamos la operación.

Tamaño de bloque máximo: Volvemos a intentar la operación. Si aún recibimos error, debemos comunicarnos con el servicio técnico.

Tiempo de impresora agotado, impresión suspendida: La impresora ha fallado y se ha suspendido la impresión. Debemos asegurarnos de que el cable de la impresora esté conectado a los puertos correspondientes de la impresora y al ordenador.

Tiempo de vigilancia de comunicación sobrepasado: El puerto de comunicaciones ha agotado el tiempo de vigilancia por laguna razón. Examinemos los cables y las conexiones y reintentemos la operación.

Tipo de dato no soportado: El tipo de elemento que hemos introducido no es válido para el autómata programable.

Tipo ilegal de PLC en el disco: Hemos intentado usar una serie de PLCs diferentes

del disco/directorio del programa actual durante las operaciones de STEP 7-Micro/DOS. Debemos asegurarnos de que el disco directorio del programa de usuario utilizado para operaciones como Off-line, UTILES, GUARDAR/CARGAR, etc., es un programa correcto para el PLC que se está utilizando.

Tipo inválido de bloque: Reintentemos la operación. Si aún recibimos error, debemos comunicarnos con el servicio técnico.

Tipo inválido de bloque de control: El **PLC** o **STEP 7-Micro/DOS** ha fallado.

Tipo inválido de elemento - pulsamos "?" si queremos saber cuales son los tipos válidos: Este tipo de elemento es inválido para el campo actual. Pulsamos "?" si queremos visualizar una lista de tipos de elementos válidos para este campo.

Para la operación de búsqueda y sustitución global, hemos intentado cambiar por un tipo de elemento inválido.

Todas NOP hasta el final de la memoria: No hay ningún segmento programado desde la dirección inicial hasta el final del programa **KOP**.

Ubicación inválida: La función solicitada no se puede visualizar en la posición actual del cursor, quizá debido a su tamaño. Lo volvemos a intentar en una ubicación diferente.

Una o más gamas retentivas ilegales: Consultamos la ayuda **ON-LINE** con respecto a la s gamas retentivas válidas.

Unidad inválida: La unidad seleccionada no existe. Verifiquemos el nombre de la ruta para asegurarnos de que hemos seleccionado la unidad correcta.

Valor actual: El valor que aparece en la pantalla era en valor actual en el PLC en el momento en que se leyeron los datos.

Valor de retorno inválido: Se ha pasado un parámetro inválido en un retorno de una subrutina.

Valor escrito: El valor seleccionado ha sido escrito al autómata programable o programas satisfactoriamente.

Valores modificados introducidos: La operación de escritura solicitada se realizó con éxito.

Valor fuera de rango: El valor o la dirección seleccionada está fuera de rango. Determinamos el rango válido y editamos el número para que se encuentre dentro de dicho rango.

Verificación incorrecta de clave: Repetimos el procedimiento con la contraseña correcta.

Violación de clave para el comando Depurar: Verificamos que se ha introducido la contraseña correcta y reintentamos la operación.

CEDECO
ESTUDIOS PROFESIONALES

Curso virtual

Electricidad industrial

Módulo 4
Supervisión y control
de instalaciones y personal

Tema 5

Componentes de mando y potencia

Tema 5

Componentes de mando y potencia

Índice

1. Generalidades 1
2. Interruptor automático de potencia 1
3. Interruptores tras cuadro 10
4. Causas de averías 11

Tema 5

Componentes de mando y potencia

1. GENERALIDADES

Se conoce con el nombre de componentes de mando y potencia a **los sistemas de control y protección de líneas de baja tensión mediante interruptores automáticos**.

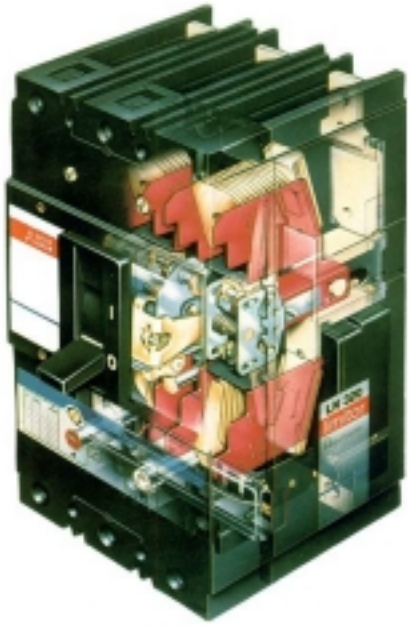


Figura 1 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE POTENCIA

Existe una gran diferencia entre los pequeños interruptores automáticos y los Interruptores Automáticos de potencia, esta diferencia no está sólo en el amperaje sino que comprende también la estructura de construcción.

2. INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE POTENCIA

Estos interruptores son de tipo seccionador, que impide que la corriente pueda circular a través de ellos en sentido contrario, cuando se desconecta de forma automática por sobrecarga, el mecanismo impide que se pueda volver a cerrar el interruptor de nuevo, antes hay que volver a rearmarlo, bajando la manija de mando hasta abajo del todo, y

luego una vez montado el mecanismo, entonces se podrá cerrar el circuito, si se desea.

Los interruptores de potencia llevan sistemas apagachispas como los interruptores magnetotérmicos de pequeña potencia, con ello se consigue reducir las dimensiones de los contactos, y por tanto, las de todo el conjunto.

Estos **interruptores de potencia** se construyen con una base común pero la parte automática es adaptable a las necesidades de la instalación, esta parte adaptable está situada bajo la maneta de mando y es extraible pudiendose colocar los módulos disponibles que son:

- Sin ninguna regulación
- Con regulación del amperaje en tanto por ciento de la capacidad máxima
- Con regulación de velocidad de disparo
- Maneta de accionamiento cambiable
- Posibilidad de enclavamiento con candados
- Bornes de conexión en distintas modalidades
- Bloques de contactos auxiliares

En la figura 2 se observan estos accesorios y el lugar de acoplamiento

Figura 2 INTERRUPTOR DE POTENCIA CON EL BLOQUE DE REGULACIÓN QUITADO

Bloques de regulación

De fábrica se sirven con **bloque ciego** no regulable (figura 3), comportándose entonces como un seccionador de potencia, sin ninguna protección

Figura 3 BLOQUE CIEGO - SIN REGULACIÓN-

Sin embargo lo más interesente de los interruptores de potencia es poder adaptarle una regulación protectora, dependiendo del uso esta regulación puede ser para **protección de líneas generales de distribución** (figura 4) con bloques de disparo para 400 A y 630 A, el bloque se monta en la parte frontal quitando la tapa de bloque ciego y reemplazandola por el bloque de disparo, que solo se fija con dos tornillos, sin necesidad de herramientas especiales ni de desmotar el interruptor de potencia.

Figura 4 BLOQUE DE DISPARO PARA PROTECCIÓN DE INSTALACIONES

En una línea de distribución, el disparo que da lugar al corte brusco de la corriente puede ser debido a dos causas: por consumo excesivo debido a sobrecarga (lo cual produce un lento calentamiento del térmico regulador, produciendo el disparo con un cierto retardo), y por cortocircuito (esto produce en rápido calentamiento y un disparo inmediato). Según haya sido el disparo, por sobrecarga o por cortocircuito, se enciende un piloto que indica el motivo.

Los interruptores de potencia, también puede usarse en la protección de grandes motores, o en la instalaciones donde existen un elevado número de motores de mediana potencia que trabajen al mismo tiempo, como son las instalaciones de bombeo de una ciudad o una gran industria. En este caso, se emplean **bloques de disparo para protección de motores** (figura 5).

Figura 5 BLOQUE DE DISPARO PARA PROTECCIÓN DE MOTORES

Estos bloques deben de desconectar el motor en caso de sobrecarga peligrosa y al mismo tiempo han de poder soportar una sobrecarga durante el tiempo del arranque de motor. El interruptor debe de actuar cuando se rebasa permanentemente la intensidad nominal, pero sin embargo no actuar cuando se produce el aumento transitorio de la corriente durante el período de arranque.

Estos bloques, también actúan cuando detecta un defecto de fase, impidiendo que le motor pueda funcionar en dos fases lo que provocaría daños en el motor, para ello se utilizan los **Bloques de disparo con selectividad de tiempos** (figura 6).

Figura 6 BLOQUE DE DISPARO CON SELECTIVIDAD DE TIEMPOS

La regulación de los diferentes selectores de estos bloques se especifica en hojas de instrucciones que acompañan al bloque dentro del mismo envase de protección. Cada fabricante, tiene su método, y solo hay que leer las instrucciones y seguirlas, una vez instalado el bloque, las instrucciones se guardarán en la carpeta de mantenimiento correspondiente, a fin de que pueda ser verificado o reajustado posteriormente cunado las circunstancias lo exijan.

Modernamente se construyen **bloques de señalización** electrónicos y de fibra óptica (figura 7), para señalizar a distancia el estado de posición del Interruptor de potencia, que se coloca también al frente, pero debajo del bloque de disparo.

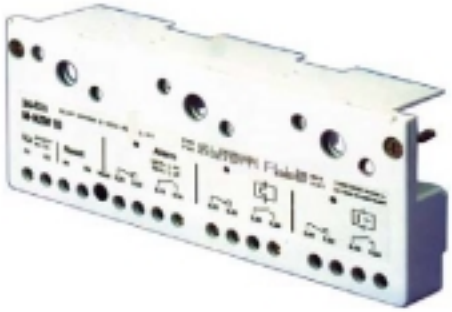


Figura 7 BLOQUE DE SEÑALIZACIÓN

Este nuevo bloque, señala de manera local y a distancia el estado de funcionamiento del interruptor. Localmente mediante LED, la tensión de alimentación de este dispositivo es independiente de la tensión de alimentación del interruptor, de esta forma se asegura una información segura independientemente del estado de la acometida al interruptor.

Maneta de mando giratoria

También, la maneta de mando puede ser intercambiada con maneta rotativa (figura 8) o la maneta oscilante que trae de fábrica.

Figura 8 MANETA GIRATORIA

La maneta giratoria en unos fabricantes, se coloca quitando la menta oscilante y en otros fabricante colocándola encima, como se muestra en la figura 9.

Figura 9 INTERRUPTOR DE POTENCIA CON MANETA GIRATORIA

Figura 10 INTERRUPTOR DE POTENCIA CON MANETA OSCILANTE Y BLOQUE DE DISPARO PARA PROTECCIÓN DE LÍNEAS

Algunos modelos de interruptores de potencia admiten que se lea acople dispositivo de **Accionamiento a distancia** (figura 11) que conectan o desconectan desde un puesto de mando alejado.

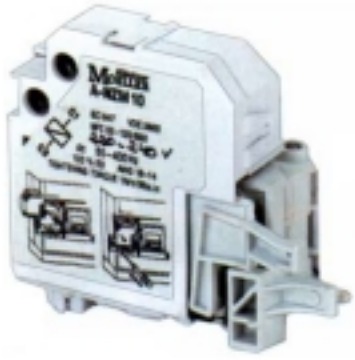


Figura 11 BOBINA DE IMPULSO Y BOBINA DE MÍNIMA

De esta forma, después de un disparo realizado por cortocircuito o sobrecarga o bien por una bobina de impulso de mínima, es posible realizar un rearme a distancia del interruptor, para restablecer el servicio sin necesidad de desplazamientos, el **Accionamiento a distancia** solo admite dos posiciones, abierto o cerrado, no admite posiciones intermedias. La posición de estado del interruptor se señala claramente en el aparato, y también por el uso de contactos auxiliares se puede señalar a distancia.

Aunque tenga dispositivo de **Accionamiento a distancia** el interruptor puede ser accionado manualmente actuando sobre el propio interruptor, la maniobra manual siempre tiene prioridad sobre el accionamiento a distancia.

Enclavamiento del interruptor

En ocasiones que por trabajos de mantenimiento se desconecta la corriente, existe el peligro de que accione a distancia, per ellos estos Interruptores de potencia llevan dispositivos de enclavamiento por medio de candado, en según qué modelos éste es un dispositivo adicional que se le acopla.

El dispositivo de enclavamiento permite colocar hasta tres candados, para que conforme los diferentes equipos van concluyendo sus tareas, el responsable quiete su candado, el que quite el último candado acciona el interruptor y restablece el servicio sin necesidad de aviso.

Bornes de conexión

Los bornes de conexión, pueden ser para colocar en ellos directamente el conductor, para utilizar terminales, o para usar con pletinas de cobre.

Figura 12 INTERRUPTOR DE POTENCIA TETRAPOLAR PARA CONECTAR EL CABLE DIRECTAMENTE

Los bornes para conectar el **cable directamente** (figura 12) se distinguen por estar el tornillo de apriete totalmente rodeado de protección aislante, por lo general son para conductores de cobre, si se conectasen conductores de aluminio se produciría fenómenos de electrólisis que van comiéndose el cobre hasta que se quedan flojos y se producen recalentamientos y chispas que termina por inutilizar el interruptor.

Cuando el conductor es de aluminio, se utilizan terminales aluminio cobre, y en este caso, el interruptor tiene que ser para uso **de terminales** (figura 13), con el conductor de cobre también se pueden colocar terminales de cobre, es decir, los interruptores con bornes para terminales se puede usar indistintamente conductores de cobre o de aluminio con el terminal adecuado

Figura 13 INTERRUPTOR TETRAPOLAR PARA TERMINALES

Se distingue porque los bornes de conexión tienen los tornillos desmontables con cabeza hexagonal y arandelas planas y de apriete.

Figura 14 INTERRUPTOR CON BORNAS PARA PLETINAS

El montaje de interruptores con pletinas de cobre (figura 14) es bastante común, las pletinas de cobre ocupan poco sitio y disipan mejor la calor, por esto es uno de los sistemas preferidos por los cuadristas.

Contactos auxiliares

Cuando a los interruptores de potencia se les coloca **módulos de contactos auxiliares** (figura 15) se puede saber a distancia en que posición de encuentra el interruptor, abierto o cerrado.

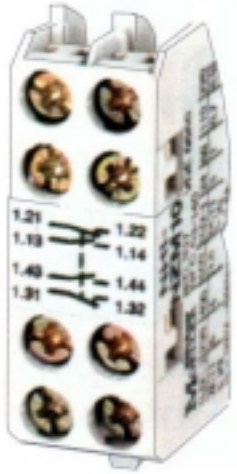


Figura 15 MÓDULO DE CONTACTOS AUXILIARES

Los contactos auxiliares se utilizan con línea independiente de la que usa el interruptor

de potencia, con ello se asegura la fiabilidad de la indicación, también se puede utilizar como condicionante para la actuación o no de un segundo interruptor alternativo o condicionante.

Figura 16 CONTACTO AUXILIAR ADELANTADO

Otro contacto auxiliar muy interesante es el contacto auxiliar adelantado (figura 16) que actúa un instante antes de cerrarse el interruptor y se abre un instante después de hacerlo el interruptor principal.

Interruptores tras cuadro

Los interruptores de potencia se colocan en los armarios de distribución, de forma que de ellos solo sobresale la maneta de mando, quedando el resto tapado a la vista por la chapa de hierro que forma el panel frontal, por esta causa, a casi todos los interruptores de potencia de les llama también **Interruptores tras cuadro.**

Figura 17 CUADRO GENERAL CON INTERRUPTORES TRAS CUADRO

CAUSAS DE AVERÍAS

Teniendo en consideración que los interruptores de potencia soportan corrientes de 400 a 1.000 A, la principal causa de averías serán siempre las relacionadas con este alto consumo y las altas temperaturas que ello ocasiona, un tornillo que se afloja, que no ha sido bien repasado puede ocasionar averías muy importantes.

Otras causas de averías esta en el desgaste natural de los materiales, que se pueden ocasionar en los bloques de desconexión.

Algunos fabricantes ponen en el mercado aparatos de prueba, que permite al usuario verificar la curva y características de todos los bloques de disparo, para este fin los bloques de disparo tienen conectores de prueba, que con un adecuado servicio de mantenimiento garantiza la fiabilidad del sistema anticipándose a los fallos.